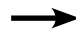
Arūnas BUKANTIS
Justas KAŽYS
Egidijus RIMKUS
Mečislovas ŽALAKEVIČIUS

100 klausimų apie klimato kaitą

Turinys 

Turinys

Arūnas BUKANTIS
Justas KAŽYS
Egidijus RIMKUS
Mečislovas ŽALAKEVIČIUS

100 klausimų apie klimato kaitą



MOKSLO IR ENCIKLOPEDIJŲ
LEIDYBOS CENTRAS
VILNIUS 2017

Knygos leidybą iš dalies finansavo
Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija
iš Klimato kaitos specialiosios
programos lėšų



ISBN 978-5-420-01793-7

Pratarmė

Klimato kaita – didžiausias civilizacijos iššūkis Žemei ir jos gyvybei. Kova su klimato kaitos padariniais yra savotiška kova su mūsų pačių vartojimo ir elgesio įpročiais. Kad įvyktų pokyčių, būtinos kiekvieno iš mūsų pastangos!
Bendri pasaulio valstybių susitarimai pasiekti 1992 metais Rio de Žaneire, 1997 metais Kiote ir 2015 metais Paryžiuje. Paryžiaus susitarimas – sudėtingiausia ir konkrečiais įsipareigojimais grįsta globali sutartis, kurios pasaulio valstybių lyderiai siekė net 20 metų. Susitarimas siunčia aiškų signalą visų šalių politikams, pramonininkams, investuotojams: intelektiniai ir finansiniai ištekliai turi būti nukreipti į inovacijas, klimatui ir aplinkai nekenkiantį, švarios energijos ir atsparių klimato kaitos pokyčiams technologijų diegimą.
Pasaulio šalys pritarė ilgalaikio tikslo – iki šio šimtmečio vidurio pasiekti neutralų išmetamo anglies dioksido rodiklį – įgyvendinimui.
Pagal Paryžiaus susitarimą Lietuva bendrai su Europos Sąjunga ir jos valstybėmis narėmis 2021–2030 metų laikotarpiu įsipareigojo mažiausiai 40 % sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, palyginti su 1990 metais.
Lietuva minėtą susitarimą įgyvendina vykdydama Europos Sąjungos klimato kaitos ir energetikos 2030 metų tikslų teisės aktus. Toks tikslas gali būti pasiektas tik visų pramonės, mokslo institucijų ir nevyriausybinių organizacijų pastangomis plėtojant viešojo ir privataus sektoriaus partnerystę, būtiną inovatyviems aplinkosaugos sprendimams įgyvendinti, o kovą su klimato kaita pasitelkiant kaip galimybę ekoinovacijoms, konkurencingumui didinti, ekonominiam augimui skatinti ir naujoms darbo vietoms kurti. Be to, klimato kaitos ir energetikos politika bei tikslai privalo būti nuosekliai traukiami į visų Lietuvos ūkio sektorių plėtros programas. Klimato kaitos švelninimas ir prisitaikymas prie jos turi tapti pagrindu darnaus vystymosi darbotvarkės 2030 metų tikslams ir uždaviniams įgyvendinti.
Kiekvienas iš mūsų, prieš pirkdamas aplinkai kenkiantį niekutį ar dalyvaudamas taršioje pramogoje, turėtų pagalvoti: ar padariau viską, kad jausčiausi gerai dėl savo ir savo vaikų ateities? Ši Lietuvos mokslininkų ilgalaikiais tyrimais grįsta knyga, kurioje atsakoma į 100 aktualių klausimų apie klimato kaitą ir atsižvelgiama į Lietuvos ypatumus, turėtų mums pagelbėti.
Aplinkos ministerija skiria lėšų šios knygos leidybai ir užtikrins, kad ji būtų knygynuose, aukštųjų mokyklų ir viešosiose bibliotekose. Tikiu, kad šis gausiai iliustruotas leidinys sudomins daug skaitytojų, supažindins juos su įvairiais klimato kaitos aspektais, suteiks naujų žinių, bus vertinga metodinė priemonė mokytojams ir dėstytojams.

Aplinkos ministras
Kęstutis NAVICKAS

Turinys





 Turinys 

 Turinys 



Santrumpos

AEI – atsinaujinantieji energijos ištekliai

AET (Actual Evapotranspiration) – faktinė evapotranspiracija

ATLPS – apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema

BACC (Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin) – Klimato kaitos įvertinimas Baltijos jūros baseine

BVP – bendrasis vidaus produktas

CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) – Anglies dioksido informacijos ir analizės centras

CMIP (Coupled Model Intercomparison Project) – Klimato modelių palyginimo projektas

EK – Europos Komisija

ES – Europos Sąjunga

GCCA (Global Climate Change Alliance) – Pasaulinis klimato kaitos aljansas

GISS (Godard Institute for Space Studies) – Godardo kosminių tyrimų institutas (JAV)

Gt – gigatona (1 Gt yra 1 milijardas tonų)

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) – Nacionalinis kosminių tyrimų institutas

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) – Tarpvyriausybinė klimato kaitos komisija

NCEI (National Centers for Environmental Information) – Nacionaliniai aplinkos informacijos centrai (JAV)

NKKVPS – Nacionalinė klimato kaitos valdymo politikos strategija

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) – Nacionalinė vandenynų ir atmosferos tyrimų administracija (JAV)

NSIDC (National Snow and Ice Data Center) – Nacionalinis sniego ir ledo duomenų centras (JAV)

NVO – nevyriausybinės organizacijos

PAST – paukščių apsaugai svarbios teritorijos

PET (Potential Evapotranspiration) – galima evapotranspiracija

ppm, ppb – šiltnamio dujų koncentracija atmosferoje, išreiškiama milijoninėmis (angl. *parts per million* – ppm) arba milijardinėmis dalimis (angl. *parts per billion* – ppb). 1 ppm reiškia 1 kubinį centimetrą (cm^3) dujų kubiniame metre (m^3) oro arba vieną tam tikrų dujų molekulę iš 1 000 000 visų esamų dujų molekulių

RCP (Representative Concentration Pathway) – šiltnamio efektą sukeliančių dujų tipinės koncentracijos kelias

SIDC (Solar Influences Data analysis Center) – Saulės poveikio duomenų centras

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos (šiltnamio dujos)

UCCRN (The Urban Climate Change Research Network) – Miestų klimato kaitos tinklas

UNEP (United Nations Environment Programme) – Jungtinių Tautų Aplinkos apsaugos programa

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) – Jungtinių Tautų Bendroji klimato kaitos konvencija (JTBKKK)

USGS (United States Geological Survey) – Jungtinių Valstijų geologijos tarnyba

WMO (World Meteorological Organization) – Pasaulinė meteorologijos organizacija

Klimato kaitos tyrimo metodai

1 Kas tyrinėja klimatą ir jo kaitą?

Faktas
Klimatas niekada nebuvo ir nebus pastovus, jis nuolat kinta.

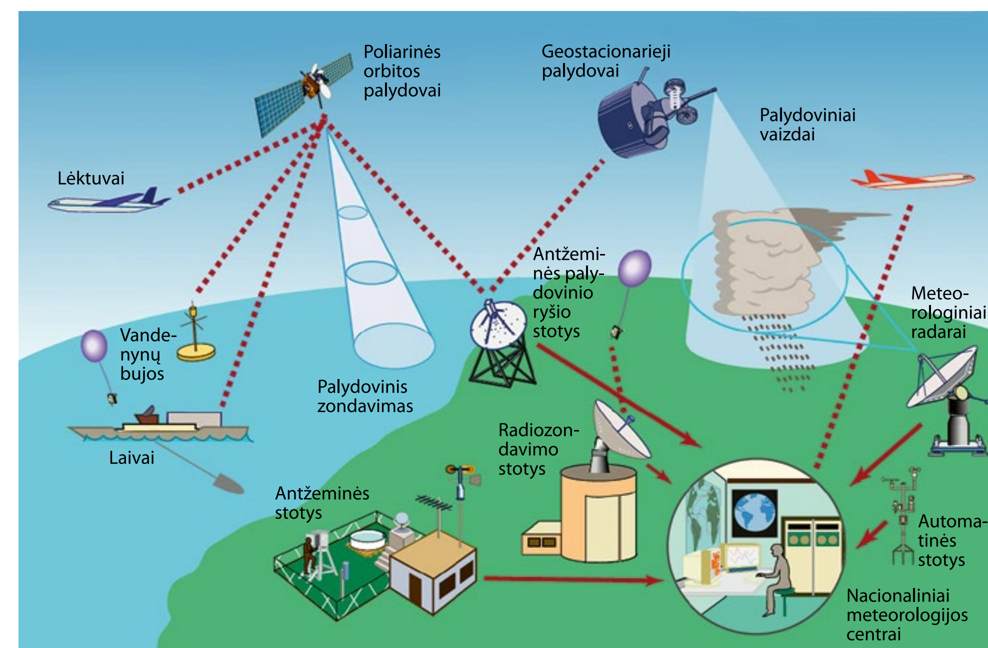
Pirmiausia išsiaiškinkime, kas yra klimatas. Kaip teigia Pasaulinė meteorologijos organizacija, klimatas – statistinių savybių visuma tokios sistemos, kuri susideda iš sąveikaujančių elementų (atmosferos, hidrosferos, kriosferos, sausumos paviršiaus ir biosferos), turinčių ilgus, bet baigtinius kaitos periodus. Šių sistemos elementų sąveikos rezultatas – klimato sąlygos Žemėje ar kokiame nors jos regione.

Kokios nors teritorijos, pavyzdžiui, šalies, žemyno, platuminės juostos, klimatas gali būti apibūdinamas kaip statistinių rodiklių, apibūdinančių orų sąlygas, visuma. Ji būdinga konkrečiam laikotarpiui – nuo kelerių metų iki tūkstantmečių – ir priklauso nuo geografinės padėties, Saulės spinduliuotės bei jos persitvarkymų veikliajame Žemės paviršiaus sluoksnyje, atmosferos bei vandenynų cirkuliacijos ir su ja susijusios šilumos bei drėgmės apykaitos.

Klimatą tiria klimatologai, o mokslas, tiriantis Žemės klimatą, jį lemiančius veiksnius, tipus ir kaitą, vadinamas klimatologija.

Klimatologija, kaip ir meteorologija, nagrinėja daugybę klausimų, kuriuos tiria specialios klimatologijos šakos. Pavyzdžiui, klimato istoriją geologinėje praeityje tiria paleoklimatologija, klimatą modeliuoja ir prognozuoja dinaminė klimatologija. Klimato poveikį žmogaus organizmui ir ūkinei veiklai tiria taikomoji klimatologija ir įvairios jos kryptys – bioklimatologija, medicininė klimatologija, antropoklimatologija, agroklimatologija, statybų, transporto, rekreacinė klimatologija ir kitos. Informacija apie klimatą reikalinga sudarant strateginius ūkio plėtros planus, kuriant ilgalaikes orų prognozes.

Klimatologinių tyrimų metodika priklauso nuo pradinių duomenų apie klimatą pobūdžio. Geologinės praeities ir ankstesnių amžių (iki XVIII amžiaus) klimatologiniai tyrimai remiasi netiesiogine informacija apie klimatą: geomorfologinių ir hidrologinių procesų pėdsakais, uolienų dūlėjimo produktais, iškastinių augalų ir gyvūnų liekanomis, deguonies izotopų tyrimais, archeologiniais duomenimis, istorinėmis kronikomis ir kitais dalykais.



Globali klimato stebėsenos sistema (WMO duomenimis)

Dabar informacija apie klimato būklę gaunama atliekant meteorologinius matavimus iš dirbtinių Žemės palydovų, taip pat – tūkstančiuose sausumos ir jūrinių meteorologijos stočių, laivuose, lėktuvuose, aerologijos ir radiolokacijos stotyse. Visa tai sudaro Globalią klimato stebėsenos sistemą.

Ar žinote, kad…

- Terminą „klimatas" pirmasis vartojo senovės graikų astronomas Hiparchas (190–150 m. pr. Kr.). „Klimatas" kilęs iš graikų kalbos žodžio *klima* ir reiškia „polinkis". Hiparcho laikais klimato skirtumai Žemėje buvo siejami su Saulės spindulių poslinkio kampu Žemės paviršiuje.
- Lietuvoje klimato tyrimus atlieka Vilniaus universiteto Hidrologijos ir klimatologijos katedra, Gamtos tyrimų centras, Lietuvos energetikos instituto Hidrologijos laboratorija ir Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba.
- Klimato kaitai modeliuoti ir prognozuoti naudojami patys galingiausi pasaulio superkompiuteriai, jų greitis vertinamas petaflopais (1 petaflopas atitinka kvadrilijoną operacijų su slankiuoju kableliu per sekundę).

2 Kaip išmatuoti temperatūrą be termometro?

Faktas

Instrumentinių meteorologinių matavimų laikotarpis prasidėjo tik XVIII amžiuje, visų ankstesnių epochų klimatas tiriamas remiantis netiesioginiais informacijos šaltiniais.

Netiesioginiai informacijos apie klimatą šaltiniai – tai nuosėdinių uolienų kompleksai ir dūlėjimo produktai, vandenyno lygio svyravimų pėdsakai krantuose, ežerų lygis ir nuosėdos, upių tinklo pėdsakai, pustomo smėlio kopos, iškastinių augalų ir gyvūnų liekanos (žiedadulkės, medžių rievės, koralai ir kita), ledynai, magnetinių ašigalių vietos pokyčiai, archeologiniai duomenys, istorinės kronikos, metraščiai ir net literatūros kūriniai.

Remiantis netiesioginiais informacijos šaltiniais, laikomasi prielaidos, kad klimato ir kitų gamtos procesų ryšiai buvo tokio pat pobūdžio kaip dabar.

Norėdami atkurti buvusį klimatą mokslininkai lyg detektyvai turi atidžiai nagrinėti ir gretinti visus įmanomus duomenis. Pavyzdžiui, tundros augalų žiedadulkės, randamos Lietuvos teritorijoje esančiose nuosėdinėse uolienose, kurių amžius 12 000 metų, leidžia manyti, kad klimatas tuomet buvo vėsesnis nei dabar, panašus į šiandieninės tundros klimatą.

Šiltesniais periodais, tarpledynmečiais vidutinė globalioji temperatūra buvo panaši į dabartinę arba vienu dviem laipsniais Celsijaus aukštesnė, vandenynai apsemdavo per ledynmečius sausuma virtusias seklias žemynų pakrantes.

Atliekant paleoklimatines rekonstrukcijas dažniausiai remiamasi nuosėdinių uolienų kompleksais, dengiančiais visą Žemės rutulį. Nuosėdinių uolienų kloduose pagal klimato ypatybes skiriasi uolienų suirimas joms dūlėjant, dūlėjimo produktų pasiskirstymas ir jų rūšys. Pavyzdžiui, drėgno ir šilto klimato srityse, kuriose dūlėjimo procesas intensyvus, susidarė kvarcinio smėlio ir geležingo molio nuogulos, boksitų, anglies, dolomito, fosforitų ir geležies rūdos klodai, o sausame klimate nuosėdinių uolienų susidarymą lemia stipri Saulės spinduliuotė, dideli paros temperatūros svyravimai, drėgmės trūkumas, menkas paviršinis ir gruntinis nuotėkis. Čia aptinkama tik skurdžios augalijos liekanų, bet gausu kalkių ir gipso, uolienų nuolaužos stambios, išlikę dūlėjimui neatsparių mineralų, būdingi vėjo supustyti dariniai – kopos, barchanai, liosai, randama geležies ir mangano oksidų.

Vandens ir oro temperatūrą dar galima nustatyti tiriant stabiliųjų deguonies izotopų (^{16}O ir ^{18}O) santykį koralų skeletuose ir kriauklėse, randamose vandenyno dugno nuosėdose. Šis metodas taip pat taikomas nustatant kritulių temperatūrą formuojantis ledynams.



Nuosėdinių uolienų klodai Tenerifės saloje (Martyno Grašio nuotrauka)

Suradę kokių nors praeities klimato indikatorių (nuosėdinių uolienų kompleksų, augalų bei gyvūnų liekanų) paleoklimatologai turi nustatyti, kuriam laikotarpiui jie priklauso. Dažniausiai uolienų ir mineralų, fosilijų ir archeologinių radinių amžius nustatomas pagal juose esančių radioaktyviųjų elementų ir jų skilimo produktų kiekį.

Pastarųjų dviejų trijų tūkstantmečių klimato istorijos tyrėjai didelę reikšmę teikia istoriniams šaltiniams, kuriuose gausu unikalios ir gana tikslios informacijos apie klimato sąlygų pokyčius: pirmiausia apie ekstremalius meteorologinius reiškinius – audras, sausras ir potvynius, šiltas ar ypač speiguotas žiemas, ankstyvus ir vėlyvus šalčius, – sukėlusius ekonomikos nuosmukį ar nusinešusius daug žmonių gyvybių.

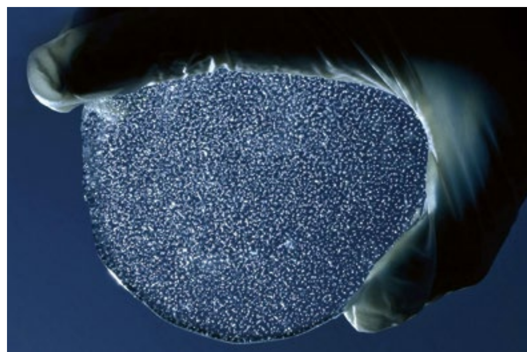
Ar žinote, kad…

- Prieš 18 000 metų Žemės klimatas buvo keliais laipsniais šaltesnis nei dabar. Didžiulius Europos ir Šiaurės Amerikos plotus dengė kelių kilometrų storio ledynai, o vandenyno lygis buvo maždaug 100 m žemesnis nei dabar.
- Per pastaruosius 2,5 mln. metų Šiaurės pusrutulyje būta net dešimt ledynmečių.
- Metinio medžių prieaugio rievės, jų storis ir tankis padeda apytikriai nustatyti medžio vegetacijos laikotarpio temperatūrą, kritulių kiekį, atmosferos cirkuliacijos pobūdį per pastaruosius 1000–10 000 metų.
- Remiantis botaniniais indikatoriais įmanoma rekonstruoti net debesuotumo rodiklius, nes apšviestumas lemia ne tik augalų įvairovę, bet ir jų struktūrą.

3 Ką galima rasti ledynų „archyvuose“?

Faktas
Sausumos ledynai formuojasi ant apatinių sniego sluoksnių laipsniškai kaupiantis viršutiniams, todėl vertikaliai išgręžtame ledo kerne matomi per daugelį metų susikaupusio ledo sluoksniai.

Grenlandijos ir Antarktidos ledynuose gręžinių gylis siekia daugiau kaip 3 kilometrus. Iš tokio gylio ištraukti ledo kernai gali būti susidarę prieš kelis šimtus tūkstančių metų (nelygu kiek sniego iškrinta per metus ir kada jis pradėjo kauptis). Ledo sluoksniuose, kaip ir medžio rievėse, fiksuojama Žemės klimato raida, o tokia informacija daug senesnė ir išsamesnė.
Lede galima rasti informacijos apie atmosferos sudėtį, temperatūrą, vėjo greitį, vulkanizmą, Saulės aktyvumą, miškų gaisrus ir daug kitų rodiklių. Ledo kernų tyrimai parodė, kad šiltais laikotarpiais atmosferoje padidėdavo anglies dioksido (CO_2), metano (CH_4) ir azoto suboksido (N_2O) koncentracija, manoma, labiausiai dėl intensyvios ugnikalnių veiklos. Taigi temperatūros svyravimus geologinėje praeityje galėjo lemti nevienodo stiprumo šiltnamio efektas. Remiantis ledynų informacija nustatyta, kad šiuo metu atmosferoje esanti CO_2 koncentracija (0,04 %) yra pati didžiausia per pastaruosius 800 000 metų.
Gręžiniai daromi ir kalnų ledynuose – Alpių, Aliaskos, Andų, Himalajų, Kilimandžaro ir kituose. Iš kalnų ledynų nusileidimo lygio papildomai galima nustatyti sniego linijos aukštį ir kritulių kiekį.
Duomenų laikotarpis priklauso nuo gylio, iš kurio paimtas ledo kernas, ir gali būti nuo kelerių metų iki 800 000 metų. Konkretaus laikotarpio tikslumas (kokį trumpiausią laiko tarpą atitinka ledo sluoksneliai) priklauso nuo metinių sniego kritulių kiekio ir mažėja einant gilyn į senesnius laikotarpius, nes apatiniuose sluoksniuose ledas suslegiamas gulančių ant viršaus. Viršutiniai ledo kerno sluoksniai sutampa su vieneriais metais, kartais sezonu, gilesnių ledo sluoksnių metų tikslumu nustatyti jau neįmanoma.


Ledo kernų oro burbuliukuose užkonservuoti atmosferos, buvusios ledo susidarymo metu, pavyzdžiai. Oro burbuliukai sudaro apie 10 % ledo kerno tūrio (British Antarctic Survey nuotrauka)


Ledo gręžimas Makmerdo stotyje Antarktidoje (Dougo Andersono nuotrauka)

Tiriant stabiliųjų deguonies izotopų (^{16}O ir ^{18}O) santykį lede galima nustatyti, kokia buvo kritulių ir oro temperatūra formuojantis ledynams. Metodo tikslumas +/–2 °C. Pastaraisiais metais rekonstruojant paleotemperatūrą pradėta taikyti stabiliųjų vandenilio izotopų H ir ^{2}H (vadinamoji deuterio, arba sunkiojo vandenilio) analizė ir kitos panašios metodikos.

Ar žinote, kad…
- Antarktidos ledyno didžiausias storis 4700 m, Grenlandijos – 3500 metrų.
- Antarktidos ledyne giliausi gręžiniai siekia 3405 m ir 3623 m, iš jų ištraukti net 800 000 metų amžiaus ledo kernai.
- Grenlandijos ledyne giliausias gręžinys yra 3085 m, iš jo paimto ledo kerno amžius siekia 128 500 metų.
- Lede randamos vulkanų dulkės padeda nustatyti vėjo greitį ir kryptį, aukšto ir žemo atmosferos slėgio sričių išsidėstymą.

4 Kokios klimato istorijos paslaptys slypi pelkėse?

Faktas
Pasaulio pelkėse sukaupta 550 Gt anglies. Čia jos dvigubai daugiau nei miškuose ir trigubai daugiau nei atmosferoje.

Ko gero niekur kitur nerasime tiek daug informacijos apie kelių ar keliolikos pastarųjų tūkstantmečių klimatą kaip pelkėse. Informacijos teikia tiek storas durpių sluoksnis, tiek durpėse palaidoti seniai augusių medžių kamienai. Durpynai randami mažiausiai 175 šalyse. Jie užima apie 4 mln. km² plotą, arba 3 % pasaulio sausumos. Lietuvos durpynai šiuo metu užima ~10 % šalies teritorijos.

Durpės – organinė nuosėdinė uoliena, kuri susidaro iš pelkių augalijos liekanų (kerpių, meldų, kiminų ir kitų). Kai augalai miršta, jie pamažu suyra. Tačiau anaerobinėmis sąlygomis irimas labai sulėtėja ir pradeda formuotis durpių sluoksnis. Per metus susidaro vidutiniškai apie 1 mm storio durpių sluoksnis. Vadinasi, dešimties metrų storymė susiformuoja per 10 tūkstančių metų. Kuo storesnis durpių sluoksnis, tuo senesnė pelkė.

Kiekvienas durpių sluoksnio milimetras gali suteikti daug žinių apie praeities klimatą. Tuo tikslu specialiu įrenginiu paimamas kolonėlės pavidalo durpių klodo pavyzdys, kuris pjaustomas į smulkias dalis, nustatomas jų amžius, analizuojama durpių sudėtis ir jų augimo greitis. Organinės medžiagos amžius dažniausiai nustatomas naudojant radiokarboninį datavimo metodą, kuris pagrįstas radioaktyviosios anglies ^{14}C kiekio nustatymu. Gyvas organizmas kaupia tiek radioaktyviosios anglies ^{14}C, tiek ir stabilų anglies ^{12}C izotopą. Po augalo mirties radioaktyviosios anglies ^{14}C kiekis dėl jos skilimo mažėja. Pagal šių anglies izotopų kiekio santykį sprendžiama apie organinės medžiagos amžių.

Durpių sluoksnio didėjimo greitis labai susijęs su temperatūros ir kritulių režimu. Jei vegetacijos periodas yra vėsus ir drėgnas, durpių storymė didėja greičiau, o šiltesniais ir sausesniais laikotarpiais ji didėja lėčiau.

Medžių augimas durpynuose labiausiai priklauso nuo gruntinio vandens lygio svyravimų. Jei sausas laikotarpis užsitęsia, vandens lygis krinta, ir pelkė pradeda apaugti mišku. Esant aukštam vandens lygiui, šaknų sistema gauna mažiau deguonies ir maisto medžiagų, todėl pelkėje augantis miškas pradeda nykti.

Daug informacijos teikia durpių sluoksnyje randamos žiedadulkės ir sporos, kurios išsilaiko daug geriau nei kitos augalų dalys. Svarbu tai, kad žiedadulkės atspindi ne tik pelkės augalijos, bet ir jos apylinkėse augusių miškų sudėtį. Pavyzdžiui, durpėse vyraujančios beržų ar pušų žiedadulkės rodo vėsesnes klimato sąlygas (priešingai nei ąžuolų, uosių ar lazdynų žiedadulkės).



Mūšos tyrelio aukštapelkė Joniškio rajone (Arūno Bukančio nuotrauka)

Dar vienas praeities klimato indikatorius yra pelkėse augusių medžių kamienai, kurie nesuirę išlieka kelis tūkstančius metų. Jie taip pat datuojami naudojant radiokarboninį datavimo metodą. Kiekvienais metais medis suformuoja rievę, kurios plotis – taip pat ir jos medienos tankis – daug priklauso nuo tų metų klimato sąlygų. Šiltais ir sausais metais formuojasi platesnė rievė nei vėsiais. Jei žiedadulkių teikiama informacija leidžia mums išskirti ilgus klimato ciklus, tai medžių kamienai pateikia daug detalesnės informacijos apie trumpalaikius klimato svyravimus. Medžių rievėse galima išskaityti tiek ženklus, paliktus praeities klimato ekstremumų, pavyzdžiui, sausrų, tiek ir miške siautusių gaisrų pėdsakus. Pastaraisiais šimtmečiais pelkių hidrologinį režimą ir jų augaliją vis labiau lemia žmogaus ūkinė veikla. Durpynai buvo sausinami ir eksploatuojami, todėl tampa vis sunkiau atskirti klimato ir žmogaus jiems daromą poveikį.

Būtina paminėti, kad pelkės ne tik atskleidžia praeities klimato paslaptis, bet ir pačios veikia klimatą ir jį keičia. Sausinant pelkes vidutinio klimato juostoje ar tirpstant amžinajam įšalui poliarinėse srityse, vis daugiau anglies patenka į atmosferą. Tai vienas svarbiausių veiksnių, kurie stiprina šiltnamio efektą.

Ar žinote, kad…

- Didžiausios pasaulyje yra Vakarų Sibire esančios pelkės. Jų užimamas plotas didesnis nei 1 milijonas kvadratinių kilometrų.
- Europoje pelkės užima apie 500 tūkstančių kvadratinių kilometrų.
- Pelkės veikia kaip biologinis filtras ir labai pagerina viso paviršinio gėlo vandens kokybę.

5 Kaip klimato kaita atrodo iš kosmoso?

Faktas
Nuotoliniai tyrimai naudojant palydovus suteikė naujų galimybių pažinti mūsų planetos klimatą ir atmosferoje, vandenyne bei sausumoje vykstančius procesus.

Vienas didžiausių palydovinių duomenų privalumas – nenutrūkstamai gaunamas ir pastoviai atnaujinamas visą Žemės rutulį apimantis klimatinės informacijos srautas. Dabar mūsų planetą nuolat stebi poliarine (dažniausiai apie 850 km aukštyje) ir geostacionaria (~36 000 km aukštyje) orbita skriejantys Europos Sąjungos (ESA, EUMETSAT), Japonijos (JMA), JAV (NASA, NOAA), Kinijos (CMA), Rusijos (ROSCOSMOS) ir kitų šalių palydovai, teikiantys meteorologinę informaciją. Nereguliarius specializuotus klimato sistemos tyrimus atlieka kiti palydovai, skriejantys kelių šimtų kilometrų aukštyje.
1992 metais, bendradarbiaujant Pasaulinei meteorologijos ir kitoms pasaulinėms organizacijoms, buvo sukurta Globali klimato stebėsenos sistema (GCOS), kurios tikslas yra teikti išsamią informaciją apie atmosferoje, hidrosferoje, litosferoje ir kriosferoje vykstančius procesus. Iš 50 GCOS pasiūlytų svarbiausių klimato sistemos elementų 26 remiasi palydovinių matavimų duomenimis.
Pirmasis nuotoliniu būdu gautas Žemės vaizdas – 1957 metais iš TSRS palydovo „Sputnik 1“, o specializuoti meteorologiniai poliarine (1960 metais) ir geostacionaria (1966 metais) orbita skriejantys meteorologiniai palydovai buvo paleisti JAV. Tačiau tik nuo XX amžiaus devintojo dešimtmečio palydovų duomenys pradėti plačiai naudoti klimato kaitos tyrimams. Dabartinė palydovinė informacija leidžia įvertinti oro temperatūros, sniego ir ledo dangos, Pasaulinio vandenyno lygio, Saulės spinduliuotės, aerozolio, debesų dangos, vandens garų ir kritulių pokyčių tendencijas. Kuo daugiau įvairių sričių geba aprėpti nuotoliniai tyrimai, tuo plačiau jų duomenys taikomi ne tik dabartinei klimato situacijai įvertinti, bet ir ateities klimato prognozėms sudaryti. Štai keletas pavyzdžių, kaip klimato kaita atrodo iš kosmoso:

- Skirtingais palydovinių matavimų duomenimis, apatinė atmosferos dalis (troposfera) nuo 1979 iki 2012 metų šilo 0,11–0,14 °C per dešimtmetį.
- Vandens paviršiaus temperatūra, kuri tiesiogiai susijusi su tarp atmosferos ir vandenyno perduotos šilumos kiekiu, per 1984–2006 metus vidutiniškai padidėjo 0,28 °C.
- Remiantis nuotoliniais ir stacionarių matavimų duomenimis, nuo 1992 iki 2015 metų Pasaulinio vandenyno lygis vidutiniškai kilo po 3,2 mm per metus.

Meteorologinių palydovų, priklausančių Globaliai klimato stebėsenos sistemai, schema (WMO duomenimis)

- Per 1970–2010 metus Šiaurės pusrutulyje kas dešimtmetį 0,8 mln. km^2 mažėjo kovo–balandžio mėnesiais sniegu padengto žemės paviršiaus plotas.
- Grenlandijos ledo skydas per metus vidutiniškai netenka apie 300 Gt ledo.

Palydoviniai duomenys vis plačiau naudojami klimato kaitos tyrimuose. Vienas naujausių nuotolinių vaizdų panaudojimo pavyzdžių yra Europos Sąjungos finansuojama programa „Copernicus“, kurios pagrindinis tikslas – naudojant palydovinius ir antžeminius matavimų duomenis stebėti Žemės aplinką. Pagal šią programą nuo 2014 metų pradėta Europos kosmoso agentūros (ESA) ir EUMETSAT koordinuojamų poliarinių palydovų misija „Sentinel“. Visi palydoviniai duomenys nemokami ir kiekvienam vartotojui prieinami programos tinklalapyje šiuo adresu: copernicus.eu/main/climate-change.

Ar žinote, kad…
- Virš Lietuvos tos pačios vietos ir tuo pačiu laiku poliarine orbita skriejantys meteorologiniai palydovai praskrenda du kartus per parą.
- Šiuo metu yra daugiau kaip 160 aktyvių ar iš dalies veikiančių palydovų, kurie teikia informaciją apie klimatą, be to, jų nuolat daugėja.
- Meteorologiniai palydovai, nors ir labai brangūs, bet reikalingi – nauja NOAA palydovų GOES-R serija iki 2035 metų kainuos 11 mlrd. JAV dolerių.

6 Ar visa informacija apie klimato kaitą patikima?

Faktas
97 % pasaulio klimatologų sutaria, kad Žemės klimato ir šiltėjimo pokyčius lemia žmogaus ūkinė veikla, o žinomiausios pasaulinės mokslo organizacijos yra paskelbusios oficialius pareiškimus, patvirtinančius šią nuostatą.

Neabejotina, kad mūsų dienomis pats populiariausias informacijos apie klimato kaitą šaltinis yra internetas. Jame yra begalinis tokios informacijos kiekis. Nors mokslininkai neabejoja klimato kaitos faktu, didžioji informacijos apie šį reiškinį dalis, esanti internete, nėra visiškai patikima arba net prieštarauja mokslininkų nuomonei. Viena iš priežasčių yra ta, kad informacija internete nėra kontroliuojama – visi gali publikuoti ką tinkami. Tikriausiai pats patikimiausias informacijos šaltinis yra publikacijos moksliniuose žurnaluose, kurie recenzuojami mokslininkų ekspertų. Tačiau ši informacija ne taip lengvai pasiekiama ir dažnai būna sunkiai suprantama vartotojui nespecialistui. Norint nepasiklysti informacijos džiunglėse siūloma vadovautis penkiais žingsniais, padėsiančiais gauti patikimos informacijos apie klimato kaitą:

- Supraskite klimato kaitos esmę. Dabar populiariausia vartoti terminą „pasaulinis atšilimas“. Vis dėlto mokslininkai linkę vartoti bendresnį terminą „klimato kaita“, nes Žemėje vykstantys procesai gali lemti ne tik šiltėjimą, bet ir šaltėjimą.
- Laikykitės mokslinės pozicijos. Visada klauskite ir analizuokite, ar pateikti faktai yra objektyvūs. Preciziškai vertinkite informaciją pateikiančius šaltinius ir jų atstovaujamą poziciją.
- Naudokitės internetu protingai. Ieškokite tik patikimų šaltinių, kurie pateikia moksliškai pagrįstą ir dabartinę situaciją atspindinčią informaciją.
- Vertinkite informaciją. Naudokitės jau paruošta informacija tų, kurie apibendrindami didelius pradinės informacijos kiekius skyrė daug laiko.
- Pasižymėkite savo mėgstamus interneto puslapius. Nuolat gaukite naujausią informaciją apie klimato kaitą.

Kalbant apie patikimus klimato kaitą apibūdinančius informacijos šaltinius, pirmiausia reikia paminėti Tarpvyriausybinę klimato kaitos komisiją (IPCC). Kas 6 metus skelbiamos šios komisijos ataskaitos (naujausia 2013–2014 metų), kuriose apibendrinami naujausi klimato kaitos tyrimų rezultatai (žr. 96 klausimą). Kiti patikimą informaciją apie klimato kaitą teikiantys šaltiniai yra Pasaulinė meteorologijos organizacija (žr. www.wmo.int/), Jungtinių Tautų Aplinkos

Sutarimas ↑

Didelis sutarimas Ribotas aiškumas	Didelis sutarimas Vidutinis aiškumas	Didelis sutarimas Didelis aiškumas
Vidutinis sutarimas Ribotas aiškumas	Vidutinis sutarimas Vidutinis aiškumas	Vidutinis sutarimas Didelis aiškumas
Menkas sutarimas Ribotas aiškumas	Menkas sutarimas Vidutinis aiškumas	Menkas sutarimas Didelis aiškumas

Aiškumas (tipas, kiekybė, kokybė, derėjimas) →

IPCC naudojama mokslininkų sutarimo ir faktų aiškinimo bei patikimumo schema, skirta klimato kaitai įvertinti (pagal Mastrandrea ir kt., 2010)

apsaugos programa (žr. www.unep.org/climatechange/), Pasaulinė klimato tyrimų programa (žr. www.wcrp-climate.org), JAV globalios kaitos tyrimų programa (žr. www.globalchange.gov/), Nacionalinė aeronautikos ir kosmoso administracija (žr. climate.nasa.gov/), Europos aplinkos agentūra (žr. www.eea.europa.eu/), Europos klimato kaitos programa (žr. ec.europa.eu/clima/).
Lietuvių kalba naujausios oficialios informacijos apie klimato kaitą galima rasti LR Aplinkos ministerijos (www.am.lt), Aplinkos apsaugos agentūros (klimatas.gamta.lt/), Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos (www.meteo.lt) ir Europos aplinkos agentūros (www.eea.europa.eu/lt) tinklalapiuose.

Ar žinote, kad…

- *Google* paieškos sistemoje aptinkama gerokai daugiau kaip 100 mln. rezultatų, atitinkančių anglišką užklausą *climate change*.
- Ieškant informacijos apie klimato kaitą įvairiomis pasaulio kalbomis, dažniausias pirmiausia rodomas paieškos rezultatas yra *Wikipedia* puslapis.
- *BalticClimate Toolkit* priemonių rinkinys, parengtas net 14-a Baltijos jūros regionų kalbų, yra skirtas praktiškai įgyvendinti klimato kaitos priemones.

Klimato kaita geologinėje praeityje ir istoriniu laikotarpiu



Jeigu geologinėje praeityje buvo šilčiau, ar verta jaudintis dėl dabartinio atšilimo?

Faktas
Prieš 250 mln. metų vidutinė temperatūra Žemėje buvo apie 25 °C. Vėliau, maždaug prieš 140–90 mln. metų, klimatas buvo atvėsęs iki 15 °C, po to vėl atšilo iki 22 °C, o prieš 3,5 mln. metų prasidėjo naujas atšalimas.

Žemės klimatas visą laiką keitėsi. Vien per pastaruosius 650 000 metų būta septynių ledynmečių ir tarpledynmečių ciklų. Daugelį jų sukėlė cikliški Žemės orbitos pasikeitimai, nemažą poveikį darė atmosferos cheminės sudėties pokyčiai, ugnikalnių veikla, o mūsų planetą pasiekianti Saulės energija per tą laiką keitėsi nežymiai.
Dabartinė globalioji oro temperatūra yra aukštesnė nei bet kada per pastarąjį tūkstantmetį. XX–XXI amžiais klimato atšilimas negali būti paaiškinamas jokiomis astronominėmis ar geologinėmis priežastimis. Žinoma, gali atrodyti, kad dabartinis atšilimas ilgesnėje, kokių 4 mln. metų, laiko skalėje yra tiesiog įprastas klimato kaitos reiškinys.
Kai kurie šiuolaikinės klimato kaitos aspektai iš tikrųjų įprasti, bet yra ir išskirtinių. Svarbiausias iš jų – atsirado naujų klimatą kaitą lemiančių veiksnių. Dar iki XVIII amžiaus vidurio klimato kaitą lėmė tik natūralūs veiksniai (plačiau apie juos – 4 dalyje), o vėliau didėjo žmogaus veiklos įtaka.
Pradžioje žmogus keitė tik sausumos paviršių – kirto miškus (žr. 30 klausimą), sausino pelkes, naikino natūralias pievas. Jų vietą užėmė žemės ūkio pasėliai, miestai ir urbanizuotos teritorijos. Visa tai pakeitė Saulės spinduliuotės sugertį ir paviršiaus temperatūrą, garavimo ir kitus drėgmės apykaitos procesus. Daugėjant gyventojų šių procesų mastai nuolat didėja.
Negana to, XVIII amžiuje ėmė sparčiai plėtotis pramonė, vis daugiau sudeginama iškastinio kuro, todėl ėmė sparčiai keistis atmosferos cheminė sudėtis. 2015 metais CO_2 koncentracija atmosferoje perkopė 400 ppm. Tokio didelio ir tokio spartaus koncentracijos didėjimo nebuvo per pastaruosius 800 000 metų.



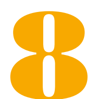


Taip žmogus keičia klimatą
(„Pixabay“ nuotraukos)

XX amžiaus pradžioje CO_2 koncentracija dar buvo 290 ppm. Todėl simboliškai visą 4,5 mlrd. metų Žemės istoriją galima suskirstyti į dvi epochas: ikiindustrinę iki 1750 metų ir industrinę.
Norint palyginti šių dviejų epochų klimato kaitą, pirmiausia būtina atskirti laiko skales ir klimato kaitos priežastis. Klimato kaita per milijonus metų gali būti daug ryškesnė ir jos priežastys kitokios, pavyzdžiui, žemynų dreifas, kalnodara, palyginti su klimato pokyčiais šimtametėje laiko skalėje. Industrinėje epochoje svarbiausiais klimato kaitos veiksniais tapo su žmogaus veikla susijusios ŠESD koncentracijos didėjimas atmosferoje ir žemėnaudos keitimas. Vietiniai klimato svyravimai neturi būti painiojami su globaliais pokyčiais. Vietiniai, arba regioniniai, klimato pokyčiai dažnai buvo ir yra daug didesni nei globalūs, nes vietiniai veiksniai, pavyzdžiui, Pasaulinio vandenyno arba atmosferos cirkuliacijos pokyčiai, gali sukelti labai staigių klimato anomalijų. Be to, lyginant klimato parametrus reikėtų nepainioti absoliučios jų vertės ir pokyčio greičio. Dideli klimato pokyčiai vyko ir praeityje, tačiau nėra jokių įrodymų, kad tai vyko sparčiau nei dabartinis atšilimas.
Pastaraisiais dešimtmečiais klimato kaita vis akivaizdesnė. Ji jau kelia grėsmę gamtai, žmonių sveikatai, ūkinei veiklai ir pasaulio ekonomikos plėtrai. Moksliniai duomenys rodo, kad, jei klimatas XXI amžiuje atšils dar 2 °C, gali kilti rizika, jog padariniai bus katastrofiški. Pasaulinis klimato atšilimas jau sukėlė stichišką ir nevaldomą klimato kaitą. Žmogui ir ekosistemoms iškilo pavojus prarasti gebėjimą prisitaikyti prie šių klimato pokyčių.

Ar žinote, kad…

- Prasidėjus dabartiniam tarpledynmečiui (maždaug prieš 15 000 metų) CO_2 koncentracija per 5000 metų padidėjo 80 ppm (nuo 180 iki 260 ppm), tiek pat (nuo 290 iki 370 ppm) ji padidėjo vien XX amžiuje.
- Daugiau kaip 50 % sausumos paviršiaus jau yra pakeista žmogaus.



Kaip keitėsi atmosferos sudėtis?

Faktas
Kai susiformavo Žemės planeta, atmosferoje deguonies nebuvo, jo ėmė rastis tik prieš 2,5–3,0 mlrd. metų.

Atmosferos sudėtis per visą Žemės gyvavimo istoriją smarkiai keitėsi, kartu keitėsi ir klimatas. Prieš 4,2 mlrd. metų susidarė vandenilio ir helio pirminė atmosfera, bet prieš 3,5 mlrd. metų ji išsisklaidė. Tada lavos degazacija ir ugnikalniai iš vandens garų, anglies dioksido (CO_2), metano (CH_4), amoniako (NH_3), azoto, sieros dioksido (SO_2), vandenilio, vandenilio sulfido (H_2S), vandenilio chlorido (HCl) ir kitų dujų suformavo antros kartos atmosferą. Tokia atmosferos sudėtis ir maždaug tūkstantį kartų mažesnė masė, palyginti su dabartine, lėmė spindulinės pusiausvyros temperatūrą. Sugertosios ir išspinduliuotosios spinduliuotės kiekiai per parą buvo lygūs.

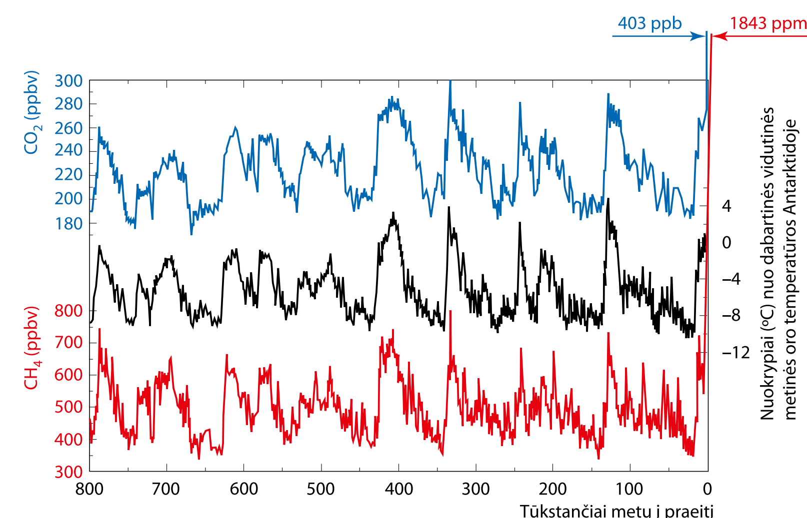
Per pirmuosius du milijardus Žemės egzistavimo metų dėl aktyvaus vulkanizmo sparčiai kaupėsi CO_2 ir vandens garai – stiprėjo šiltnamio efektas. Didėjant atmosferos masei ir slėgiui prasidėjo vandens garų kondensacija ir ėmė formuotis vandenynai. Prieš 2,5–3,0 mlrd. metų dumbliai pradėjo vykdyti fotosintezę – ėmė formuotis trečios kartos – deguonies atmosfera, o CO_2 ėmė tirpti vandenynuose ir virsti klintimis.

Kambro ir ordoviko periodais, maždaug prieš 500 mln. metų, deguonies jau buvo 1 % dabartinio kiekio. Dar po 100 mln. metų, devono periode, susidarė toks ozono (O_3) kiekis, kad gyvybė jau galėjo persikelti ir į sausumą. Atsirado pirmieji augalai, dvikvapės žuvys, stegocefalai[1].

Nustatyta, kad atmosferoje CO_2 koncentracija per pastaruosius 550 mln. metų mažėjo nuo 5000 ppm (tuomet temperatūra Žemėje buvo 9–10 °C aukštesnė už dabartinę) iki 180–300 ppm, o XX amžiuje vėl sparčiai ėmė didėti. Pagal ledynų kernus nustatyta, kad dabartinė CO_2 ir CH_4 koncentracija yra pati didžiausia per pastaruosius 800 000 metų (žr. pav., taip pat 3 ir 7 klausimus).

Didžiausią poveikį klimatui darė ir daro šiltnamio efektą (žr. 29 klausimą) sukeliančios dujos ir priemaišos: vandens garai, CO_2, O_3, N_2O, CH_4 aerozolio dalelės. Jų koncentracija atmosferoje nuolat kinta. XX amžiaus viduryje dėl žmogaus veiklos šis sąrašas dar pasipildė sieros heksafluoridu (SF_6), hidrofluorangliavandeniliais (HFC), perfluorangliavandeniliais (PFC), chlorfluorangliavandeniliais (CFC) ir kitomis dujomis. Šių dujų, išskyrus CFC, koncentracija atmosferoje pastaraisiais dešimtmečiais sparčiai didėja. Atmosferoje daugėja ir troposferinio ozono, jo koncentracija pramoniniuose regionuose siekia 100 ppb ir daugiau.

[1] Iškastiniai varliagyviai *Stegocephalia*, gyvenę nuo devono iki triaso.



CO_2 (mėlyna kreivė) ir CH_4 (raudona kreivė) koncentracijos atmosferoje bei oro temperatūros (juoda kreivė) kaita per pastaruosius 800 000 metų pagal Antarktidos ledyno kerno EPICA Dome C rezultatus. Dujų koncentracija pateikta ppm ir ppb. Paveikslo dešinėje viršuje pateikta 2016 metų CH_4 ir CO_2 koncentracija (1843 ppb ir 403 ppm) (NSIDC duomenimis)

Net ir švariame ore dabartinės atmosferos galima aptikti daug cheminių junginių. Sausame ore daugiausia yra azoto (N_2) ir deguonies (O_2) – atitinkamai 78,08 % ir 20,95 % tūrio. Dar beveik procentą (0,93 %) sudaro argonas (Ar). Kitos dujos sudaro 0,04 %: tai neonas (Ne), helis (He), metanas (CH_4), kriptonas (Kr), vandenilis (H_2), CO_2, anglies monoksidas (CO), ozonas (O_3), sieros dioksidas (SO_2), azoto dioksidas (NO_2) ir kitos. Joms tenkanti tūrio dalis matuojama tūkstantosiomis ir milijonosiomis procento dalimis, bet tai jokiu būdu nereiškia, kad jų svarba irgi labai maža. Kai ore yra vandens garų (jų gali būti net iki 4 % tūrio vienetų), kitų dujinių komponentų proporcingai sumažėja. Tokia beveik vienoda atmosferos cheminė sudėtis yra iki 90–100 km aukščio, tik maždaug 25–30 km aukštyje padaugėja ozono.

Ar žinote, kad…

- Trys ketvirtadaliai atmosferos masės yra troposferoje, kurios storis nuo 8 km poliarinėse srityse iki 17 km ties pusiaujų.
- Per pastaruosius 800 000 metų (iki XVIII amžiaus vidurio) CO_2 koncentracija svyravo nuo 180 ppm ledynmečiais iki 300 ppm tarpledynmečiais.
- XXI amžiaus antrajame dešimtmetyje, palyginti su ikiindustrine epocha (iki 1750 metų), CO_2 koncentracija atmosferoje yra didesnė 45 %, CH_4 – 157 %, o N_2O – 22 %.

9 Kas įvyko prieš 8200 metų?

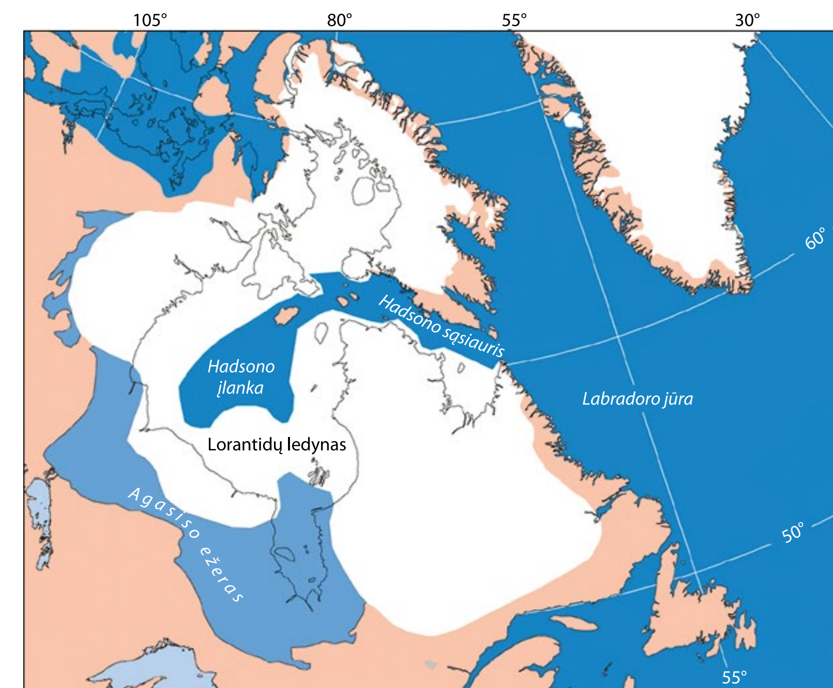
Faktas
Prieš 8200 metų prasidėjo staigus klimato atšalimas, įvairiuose pasaulio regionuose trukęs 200–400 metų.

Šis klimato atšalimas nustatytas remiantis Grenlandijos ledyno kerno, paleobotaninių, koralinių rifų ir nuosėdinių uolienų tyrimų duomenimis. Labiausiai temperatūra nukrito Šiaurės Atlante ir Šiaurės Europoje (Grenlandijoje temperatūra per 20 metų nukrito apie 3,3 °C), bet klimatas atvėso arba tapo sausringas ir kituose pasaulio regionuose. Atšalimas įsiterpė į šiltą holoceno klimatinio optimumo laikotarpį (prieš 5000–9000 metų) ir buvo švelnesnis negu jaunesniojo driaso atšalimas (prieš 11 700–12 900 metų), bet stipresnis nei Mažojo ledynmečio laikotarpiu (XIV–XIX amžiuje) ir padarė didelę įtaką neolito epochos kultūros raidai.

Atšalimą sukėlė greitai tirpstantis Lorantidų ledynas Šiaurės Amerikoje. Maždaug prieš 8200–8300 metų greitai tirpdamas ledynas pradėjo skilinėti, milžiniški vandens srautai iš prieledyninio Agasiso ežero, kuris telkšojo į pietus nuo dabartinės Hadsono įlankos, dviem srautais plūstelėjo į Atlanto vandenyną. Vienas plūdo į Labradoro jūrą, kitas – į Meksikos įlanką. Ėmė staigiai, po 4–5 cm per metus, kilti Pasaulinio vandenyno lygis. Mažiau nei per 100 metų į Šiaurės Atlantą galėjo patekti apie 180 000 km^3 gėlo ledyno tirpsmo vandens – vandenyno lygis pakilo 3–4 metrus. Tai sutrikdė vandenyno cirkuliaciją Šiaurės Atlante: sustojo šilto vandens iš pusiaujo platumų tekėjimas į šiaurę (silpna Golfo srovė sukosi uždarame rate tik subtropikų platumose), neišvengiamai sutriko ir visa giluminė vandenyno cirkuliacija. Kelis šimtmečius klimatas vėso ir tapo sausringas, vandenyno lygis vėl ėmė kristi – per 400 metų didėjant sausumos ledynams vandenynas nuslūgo apie 15 metrų. Kai kurie mokslininkai mano, kad panašus scenarijus dėl intensyviai tirpstančio Grenlandijos ledyno gali pasikartoti netolimoje ateityje.

Klimatas vėl atšilo tik po 400 metų, nes atsikūrė vandenyno cirkuliacija, kuri užtikrino žemo slėgio centrą Islandijos regione ir aukšto slėgio sritį Azorų salų regione. Šiaurės Atlanto ciklonai vėl ėmė nešti šilumą ir drėgmę į Europą, žiemos tapo švelnesnės, vasaros – drėgnesnės, vandenyno lygis vėl pradėjo kilti. Tokios klimato sąlygos – holoceno klimatinis optimumas – truks dar 2000 metų.

Tačiau šylantis klimatas ir kylantis vandenyno lygis lėmė esminius pokyčius Pietų Europoje. Maždaug prieš 7600 metų sūrus vanduo iš persipildžiusių Viduržemio ir Marmuro jūrų toje vietoje, kurioje dabar yra Bosforo sąsiauris,



Agasiso ežeras ir Lorantidų ledynas prieš 8500 metų (pagal Patrick Lajeunesse)

pragraužė prataką ir kriokliu ėmė plūsti į Euksino ežerą (dabartinė Juodoji jūra), kurio lygis buvo 150 m žemesnis nei Viduržemio jūros. Vos per kelerius metus Euksino ežeras tapo Juodąja jūra. Tai tikrai buvo katastrofa: vanduo apsėmė tankiai gyvenamas stepes, ten galėjo žūti tūkstančiai žmonių. Išsigelbėjusieji pasklido po Vidurio ir Vakarų Europą, čia įkūrė pirmąsias žemdirbių bendruomenes, kurios sėsliai gyveno rąstiniuose namuose ir naudojo molinius indus. Archeologai tą kultūrą vadina juostinės keramikos kultūra.

Ar žinote, kad…

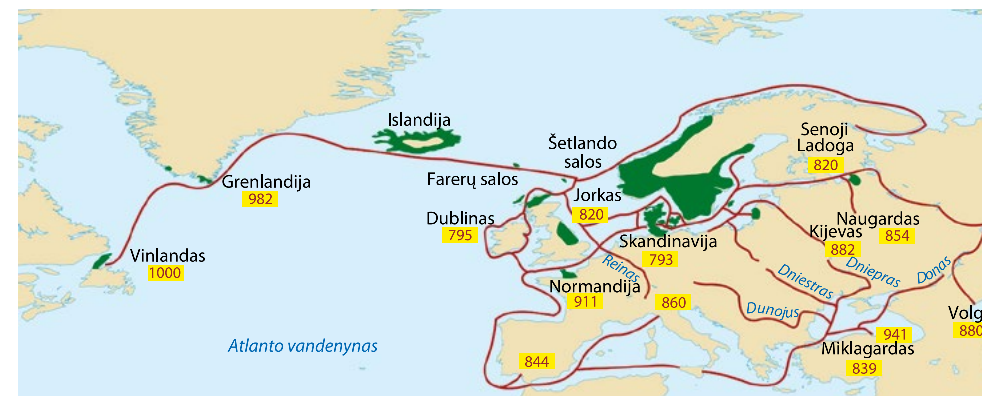
- Keturis šimtmečius (prieš 7800–8200 metų) Pietryčių Europa ir rytinė Viduržemio jūros regiono dalis kentė sausrą. Labai nuseko ežerai ir upės, kai kurie jų visai išdžiūvo, ėmė nykti ąžuolų ir pistacijų miškai.
- Mokslininkai rado įrodymų, kad maždaug prieš 8200 metų buvo dar vienas svarbus įvykis: didžiulė nuosėdinių uolienų masė nučiuožė į šelfą šiaurės vakarinėje Skandinavijos pusiasalio pakrantėje ir sukėlė 10–20 m aukščio cunamio bangą Šiaurės Atlante. Ji nuniokojo daugelį Farerų salų, Didžiosios Britanijos ir Šiaurės Vakarų Europos pakrančių, sunaikino akmens amžiaus bendruomenių gyvenvietes. Cunamio banga taip pat pasiekė Islandijos ir Grenlandijos pakrantes.

10 Ar dabar vikingai galėtų nuplaukti iki Grenlandijos?

Faktas

Pirmieji vikingų laivai į Grenlandiją atplaukė 986 metais, čia vikingai įkūrė gyvenvietes, vertėsi medžiokle, žvejyba, augino karves, ožkas ir avis.

Vikingai – skandinavų kilmės jūrininkai, kariai, pirkliai ir kolonizatoriai, VIII–XI amžiuje vykdę karinius bei prekybinius jūrinius žygius visoje Europoje, Šiaurės Atlante iki pat Šiaurės Afrikos. Jie atrado Islandiją, Grenlandiją ir Amerikos žemyną (1 pav.). Šis laikotarpis Europos istorijoje vadinamas vikingų epocha.
Vikingų ekspansija, suprantama, turėjo gilias socialines, politines ir ekonomines šaknis, tačiau neabejojama, kad palankias sąlygas tolimiems žygiams į šiaurę sudarė ryškus klimato atšilimas Europos ir Šiaurės Atlanto regione. VIII–XIII amžiuje vandenynas aplink Islandiją neužšaldavo ir tik trumpai pasirodydavo plaukiojantys ledai.
Tuo laikotarpiu buvus šiltesnį klimatą (istorinio laikotarpio klimatinį optimumą) patvirtina įvairūs netiesioginiai šaltiniai: archeologiniai duomenys (vikingai Grenlandijoje vertėsi gyvulininkyste, Islandijoje buvo auginami javai), dendrologiniai ir ledynų duomenys (senovės skandinavų sagos, rašytos islandų vienuolių). Vikingų epochoje miškų juosta Alpėse buvo pasiekusi 200 m aukštį, vynuogynų zona – pasislinkusi 4–5° platumos į šiaurę, Grenlandijoje temperatūra buvo apie 3 °C aukštesnė nei XX amžiuje.
Įdomu pažymėti, kad ledai, kaip kliūtis laivams, islandų sagose beveik neminimi. Dažniausiai laivų kelias nuo vakarinės Islandijos pakrantės Grenlandijos link driekėsi trumpiausiu maršrutu palei 65° šiaurės platumos lygiagretę, po to į pietus palei Grenlandijos krantus. Tačiau XIV amžiuje klimatas pradėjo vėsti, metraščiuose atsiranda įrašų, kad „iš šiaurės atėję ledai taip priartėjo, jog niekas senuoju keliu neplaukioja ir gyvybe nerizikuoja“. Grenlandijos gyventojams ėmė trūkti medienos ir geležies, kad pasistatytų tvirtus bei didelius laivus, galinčius įveikti Šiaurės Atlanto vandenis ir pasiekti Europą. Vikingų gyvenvietės pradėjo nykti, nepakako maisto ir pašaro gyvuliams, žmonės mirė nuo bado ir ligų, o dėl padidėjusio Šiaurės Atlanto leduotumo susisiekti su Europa tapo neįmanoma. Europoje klimatas irgi atšalo, ėmė rastis Alpių ledynai – Šiaurės pusrutulio vidutinėse platumose prasidėjo vėsaus klimato laikotarpis – Mažasis ledynmetis (žr. 11 klausimą).
Mediniai vikingų laivai buvo dviejų pagrindinių tipų: kariniai – langskipai ir prekybiniai – knorai (2 pav.). Langskipai buvo be denio, labai ilgi ir siauri. Knorai turėjo denį, buvo platesni. Abiejų tipų laivai turėjo bures, bet langskipai daugiau buvo varomi irklais. Jų korpusai per silpni, kad galėtų plaukioti tarp ledo lyčių.



1 pav. Vikingų kelionės ir gyvenviečių įkūrimo metai



2 pav. Vikingų laivas Oslo muziejuje
(Arūno Bukančio nuotrauka)

XX amžiaus pabaigoje pietinė jūrinių ledų riba Šiaurės Atlante pradėjo trauktis į šiaurę, klimatas Grenlandijoje sparčiai šiltėjo. Pastarųjų dešimtmečių meteorologiniai matavimai parodė, kad nuo 1991 metų vidutinė metinė temperatūra pietrytinėje Grenlandijos pakrantėje pakilo 4–5 °C, o žiemos atšilo net 6–7 °C. Kai kurie mokslininkai mano, kad dabartinis klimatas Grenlandijos–Islandijos regione jau yra panašus į VIII–X amžių (šilčiausią vikingų epochos laikotarpį Grenlandijoje), o iki 2030 metų, tęsiantis sparčiam atšilimui, temperatūra taps netgi aukštesnė nei prieš 1000 metų. Taigi ir laivybos sąlygos Šiaurės Atlante (vertinant ledo laukų plotus) šio amžiaus trečiajame dešimtmetyje jau bus panašios kaip vikingų epochoje.

Ar žinote, kad…

- Grenlandija – didžiausia pasaulyje sala, kurios apie 80 % paviršiaus dengia ledas.
- X amžiaus pabaigoje salą atradę vikingai, vadovaujami Eiriko Rudojo (Eirik Raude), pavadino ją „Žaliąja žeme“, nes pietvakarinėje salos pakrantėje jie išvydo žaliuojančias pievas.
- Eiriko Rudojo sūnus Leifas Eiriksonas (Leifr Eiríksson) XI amžiaus pradžioje laivu pasiekė Amerikos krantą, kur augo laukinės vynuogės, ir pavadino ją „Vyno šalimi“ (Vinlandu). Jis sudarė pirmuosius Bafino Žemės, Labradoro ir Niufaundlendo pusiasalių pakrančių žemėlapius.

11 Kaip europiečiai išgyveno Mažąjį ledynmetį?

Faktas

Mažojo ledynmečio laikotarpiu vidutinė metinė temperatūra Šiaurės pusrutulyje buvo sumažėjusi vidutiniškai 0,6 °C, Europoje – apie 1–1,5 °C, palyginti su 1961–1990 metų vidutine temperatūra.

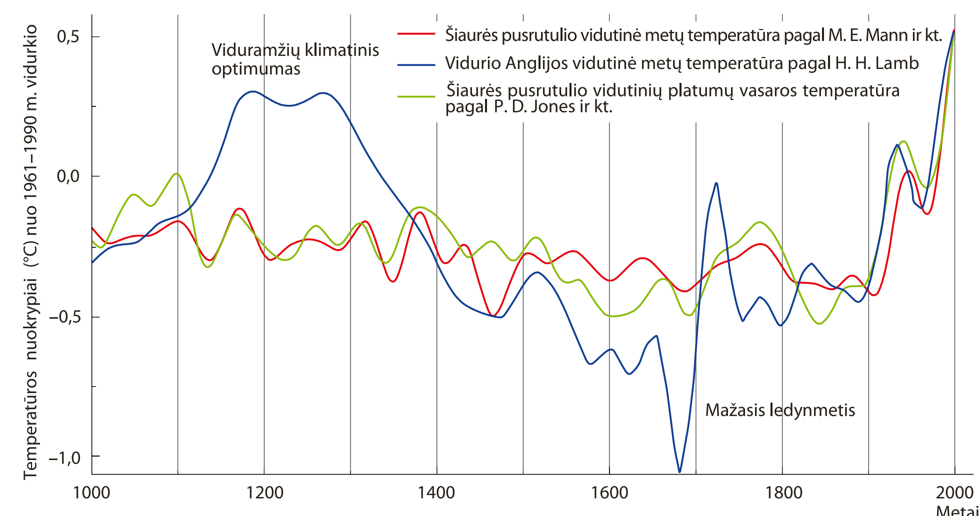
Mažasis ledynmetis – vėsaus ir nepalankaus klimato laikotarpis Šiaurės pusrutulyje nuo XIV amžiaus pradžios iki XIX amžiaus vidurio. Pats pavadinimas yra šiek tiek klaidinantis, nors iš tikrųjų šiuo laikotarpiu dažniau pasitaikydavo labai atšiaurių žiemų, kai užšaldavo Baltijos jūra, o Alpių, Skandinavijos ir kitų kalnų ledynai ėmė slinkti žemyn, keldami pavojų gyvenvietėms. Tačiau Mažasis ledynmetis pasižymėjo ne tik šaltomis žiemomis: vis dažniau pasitaikydavo vėsių, trumpų ir lietingų vasarų, vėlyvų ir ankstyvų šalnų, audrų, potvynių, nederliaus metų, Europą kankino dažni badmečiai, maro epidemijos, kenkėjų antplūdžiai. Mažasis ledynmetis prasidėjo po keturis šimtmečius trukusio viduramžių atšilimo (maždaug 900–1300 metais), o baigėsi, kai XIX amžiaus antrojoje pusėje prasidėjo dabartinis klimato atšilimas.

Klimatologai įvardija kelias galimas Mažojo ledynmečio priežastis: mažas Saulės aktyvumas, sustiprėjusi ugnikalnių veikla ir padidėjęs atmosferos drumstumas, pasikeitusi atmosferos ir Šiaurės Atlanto vandenyno cirkuliacija. Yra hipotezių, kad atvėsimą netiesiogiai galėjo sustiprinti dar ir maro epidemijos – XIV amžiaus viduryje mirė nuo vieno iki dviejų trečdalių Europos gyventojų, todėl smuko žemės ūkis, dirbami laukai apaugo miškais. Jie iš atmosferos sugėrė daugiau CO_2, tad temperatūra dar nukrito.

Plėsdamiesi Alpių ledynai gerokai žemiau savo ankstesnių ir dabartinių ribų nušlavė nuo žemės paviršiaus ūkius, bažnyčias ir kaimus Šveicarijoje, Prancūzijoje ir kitur. Dažnos šaltos žiemos ir vėsios, drėgnos vasaros sunaikindavo pasėlių derlių, sukeldavo badmečius, ypač Šiaurės ir Vidurio Europoje. Be to, XVII amžiuje Šiaurės Atlante sumažėjo žuvų laimikiai, nes nukrito vandenyno temperatūra ir padidėjo leduotumas.

Jau XV amžiaus pradžioje jūrų ledai ir sustiprėjusios audros Šiaurės Atlante atkirto vikingų (žr. 10 klausimą) kolonijas Grenlandijoje nuo skandinavų civilizacijos. Grenlandijos gyventojai išmirė nuo bado. Islandija irgi vis labiau izoliavosi nuo Skandinavijos, nes pietinė jūros ledo riba išsiplėtė į pietus. XIII amžiuje vandenynas aplink Islandiją neužšaldavo, tačiau XIV amžiuje ledas laikydavosi vidutiniškai jau po 8 savaites, o XIX amžiuje – net 40 savaičių.

Klimato keliami iššūkiai, jei tik jie visiškai nesužlugdo, dažnai tampa socialinių ir politinių pokyčių bei technologinių naujovių paskata. XIV amžiuje Europa



Oro temperatūros svyravimai Šiaurės pusrutulyje ir Vidurio Anglijoje 1000–2000 metais (Encyclopædia Britannica duomenimis)

buvo kaimiškas žemynas, neturėjo kelių, uostai dar tik kūrėsi. Žmonės gyveno sėsliai, augo miestai. Devyni iš dešimties dirbančių žmonių vertėsi žemės ūkiu ir maisto gamyba, bet visi gyveno tik šia diena, negebėjo kaupti maisto atsargų, todėl juos visą laiką, ypač miestuose, persekiojo badas. Ilgalaikės orų anomalijos Mažojo ledynmečio laikotarpiu pirmiausia sukėlė didžiulius pokyčius žemės ūkyje. Jie prasidėjo XV–XVI amžiuje Nyderlanduose, o po 100 metų pasiekė ir Angliją. Ūkiai tapo stambesni, imta auginti naujus žemės ūkio kultūrinius augalus, pavyzdžiui, ropes ir dobilus, kurie per žiemos šalčius ir badmečius padėdavo išgyventi žmonėms ir išsaugoti galvijų bandas.

Industrinės epochos pradžioje (XVIII amžiaus viduryje) Didžioji Britanija, Flandrija ir Nyderlandai grūdų ir galvijų užaugindavo tiek, kad galėjo kaupti maisto atsargas ir išmaitinti kaimo ir miesto gyventojus, kurių sparčiai daugėjo. Šiuo požiūriu iš Vakarų Europos šalių išsiskyrė Prancūzija. Vis dėlto kaip ir ankstesniais amžiais dažni nederliai, badas kėlė socialinę įtampą, kurią dar labiau stiprino atgyvenusi feodalinė santvarka – sumaištis peraugo į Didžiąją Prancūzijos revoliuciją, vykusią 1789–1799 metais.

Ar žinote, kad…

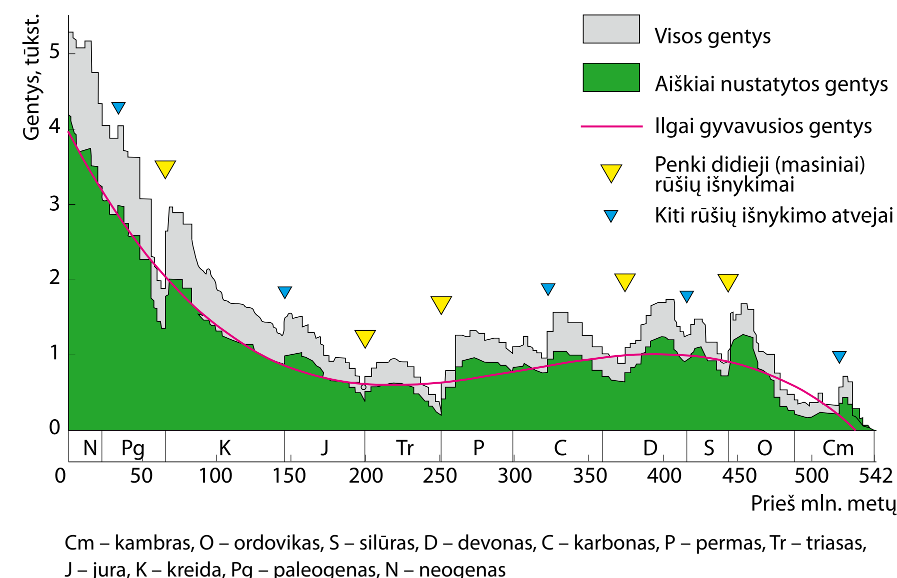
- Nederlius, badas ir maras 1316–1321 metais Europoje nusinešė daugiau kaip 1,5 milijono žmonių gyvybių.
- 1460 metais labai šalta žiema tęsėsi iki kovo 20 dienos, užšalo visa Baltijos jūra, pėsčiomis ledu buvo galima nueiti iš Revelio (Talino) į Švediją.
- Skėrių antplūdžiai ir badas 1690 ir 1711 metais alino Voluinės, Baltarusijos ir Lietuvos žemes. Skėriai sunaikino ne tik pasėlius, bet ir šiaudinius stogus.

12 Ar praeityje Žemėje vykusi klimato kaita turėjo įtakos rūšims susidaryti, egzistuoti ir išnykti?

Faktas
Paleontologai nustatė, kad Žemėje nuolat išnykdavo daugiau ar mažiau rūšių.

Žemės istorinio klimato rekonstrukcija atliekama pagal dabartinių uolienų kloduose randamas nuosėdas, jose aptinkamas augalų ir gyvūnų fosilijas bei dviejų deguonies izotopų (^{16}O ir ^{18}O) santykio tyrimus. Tai rodo nuolat vykusią klimato kaitą, kuri padarė milžinišką poveikį rūšių išnykimui. Per paskutinius 540 mln. metų rūšių išnykimas būdingas kambro–ordoviko, ordoviko–silūro, permo–triaso (didysis išmirimas), triaso–juros ir kreidos–terciaro periodams. Didysis išmirimas baigė panašių į žinduolius roplių erą. Po jos ėmė dominuoti dinozaurai, o vėliau – kreidos–terciaro perioduose – išnyko ir jie. Išliko žinduoliai, paukščiai ir smulkūs ropliai. Iš dinozaurų kildinami paukščiai išgyveno kreidos–paleogeno perioduose vykusį rūšių išnykimą, tačiau kreidos periodo pabaigoje išnyko ir daugelis paukščių rūšių, išskyrus tas, kurios gyvuoja dabar. Kreidos periodo pabaigoje vykęs rūšių išnykimas nebuvo nulemtas žmogaus – rūšys nyko dėl planetos klimato kaitos, į Žemę nukritusių milžiniškų meteoritų poveikio ar ugnikalnių išsiveržimų, keitusių planetos klimatą; taip pat dėl jūros lygio svyravimų ir salų, kuriose gyveno įvairios rūšys, užliejimų, kitų kataklizmų. Turima įrodymų, kad mezozojaus pabaigoje netoli Jukatano pusiasalio (dabartinėje Meksikoje) nukrito milžiniškas meteoritas, sudaręs ten iki šiol aptinkamą meteoritinį kraterį. Su šiuo meteoritu siejamas paleozojaus antrojoje pusėje įvykęs 45 % visų gyvūnų ir augalų rūšių, tarp jų ir dinozaurų, pterozaurų, amonitų, daugelio tuo metu gyvavusių jūrinių roplių ir paukščių išnykimas. Dėl apledėjimo išnyko apie 82 % jūrinių gyvūnų rūšių, nes jam vykstant buvo užliejamas žemyninis šelfas ir vėso pusiaujo sritis bei kito aplinkos sąlygos. Be to, rūšys nyko ir dėl evoliucijos atsirandančių ir jas pakeičiančių kitų rūšių ar konkurentų.

Klimato kaita darė tiesioginį poveikį rūšių išnykimui kainozojaus eroje (dabartinė Žemės geologinės istorijos era), kurioje gausiai paplito magnolijūnai (gaubtasėkliai augalai), žinduoliai ir vabzdžiai, evoliucionavo paukščiai. Per paskutinius 2 mln. metų klimatas labai kito ir paveikė stambiųjų žinduolių evoliuciją ir gyvūnų bei žmonių migraciją. Žemėje tuo metu buvo keli stipresni ledynmečiai. Didesnis paskutinio apledėjimo pikas fiksuotas prieš 20 000 metų, kai didelės Šiaurės Amerikos ir Eurazijos šiaurinės dalys buvo



Cm – kambras, O – ordovikas, S – silūras, D – devonas, C – karbonas, P – permas, Tr – triasas, J – jura, K – kreida, Pg – paleogenas, N – neogenas

Biologinės įvairovės kaita fanerozojuje (iš graikų kalbos – „akivaizdžios gyvybės amžius“), apimančiame tris eras – paleozojų, mezozojų ir kainozojų (pagal Rohde & Muller, 2005)

padengtos ištisiniu ledynu ir tundra. Šis ledynmetis baigėsi maždaug prieš 10 000 metų. Jo apledėjimų išliko Grenlandijoje, Arktyje ir Antarktidoje.

Jau istoriniais laikais, per paskutinius 400 metų, Žemėje išnyko apie 150 paukščių rūšių ir ne mažiau kaip 60 porūšių. Daugiausia šių rūšių išnyko Ramiojo vandenyno salose. Havajuose per paskutinius 30 metų liko 30 %, Guamo saloje – 40 % rūšių. Dabar išnykimas gresia 1200 paukščių rūšių. Dažniausia priežastis – žmogaus ūkinė veikla ar jo atvežtos ir įveistos svetimžemės rūšys bei klimato kaita.

Ar žinote, kad…

- Per paskutinius 540 mln. metų užfiksuota nuo 5 iki daugiau kaip 20 didelių augalų ir gyvūnų rūšių išnykimų.
- Šiuo metu Žemėje yra 5–30 mln. augalų ir gyvūnų rūšių.
- Pirso Brodkorbo (Pierce Brodkorb) skaičiavimais per 150 mln. metų paukščių klasės evoliuciją turėjo egzistuoti virš 1,6 mln. rūšių ir formų, daugelis jų išnykusios.
- Dabar pasaulyje priskaičiuojama 10 000 tebegyvenančių paukščių rūšių.

Dabartiniai klimato kaitos procesai

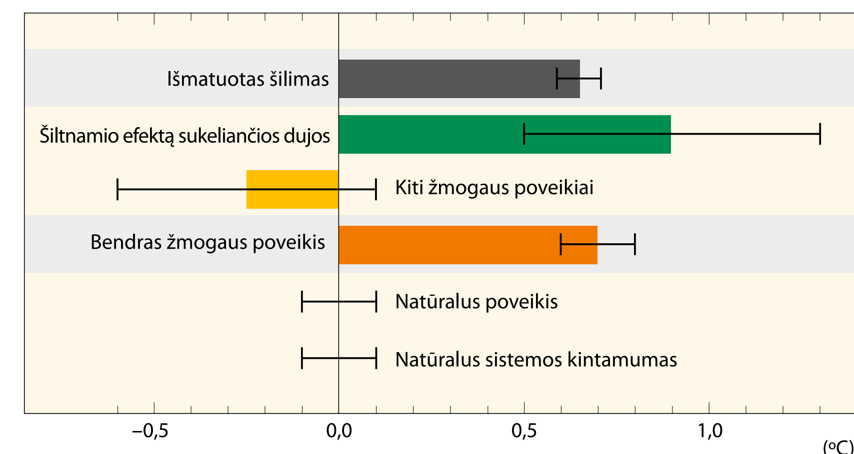
13 Ar klimato kaita vyksta jau dabar?

Faktas
Pastaraisiais dešimtmečiais visuose žemynuose ir vandenynuose egzistuojančios natūralios ir žmogaus sukurtos sistemos patyrė stiprų klimato kaitos poveikį.

Globali klimato kaita yra neginčijamas faktas. Nuo XX amžiaus šeštojo dešimtmečio vykstantys pokyčiai – atmosferos ir vandenyno įšilimas, sniego ir ledo dangos nykimas bei vandenyno lygio kilimas – pastaruosius šimtmečius neturi analogų. Žmogaus poveikis klimato sistemai yra neabejotinas – dabartinės antropogeninės kilmės ŠESD koncentracija didesnė nei bet kada anksčiau. ŠESD koncentracijos padidėjimą, palyginti su ikiindustriniu laikotarpiu, daugiausia lemia ekonomikos augimas ir žmonių populiacijos didėjimas.

Daugelis pasaulyje atliktų mokslinių tyrimų ir matavimų patvirtina faktą, kad klimato kaita jau dabar vyksta sparčiai. JAV Nacionalinės aeronautikos ir kosmoso administracijos (angl. NASA) mokslininkai išskiria šiuos pagrindinius dabartinę klimato kaitą apibūdinančius rodiklius: didėjanti globalioji temperatūra ir kylantis jūros lygis, šylantys ir rūgštėjantys vandenynai, tirpstantys žemyniniai ir kalnų ledynai, mažėjantys Arkties ledo ir sausumos sniegu padengti plotai bei dažnėjantis ekstremalių orų pasikartojimas (žr. climate.nasa.gov/). Štai keletas tokių rodiklių pavyzdžių:

- Vienų svarbiausių šiltnamio efektą sukeliančių dujų – CO_2 – koncentracija atmosferoje 2015 metų pradžioje viršijo 400 ppm ribą ir toliau didėja (2017 metų pradžioje siekė 405,25 ppm, žr. 31 klausimą).
- Paskutiniai treji metai (2014–2016) buvo patys šilčiausi pasaulyje nuo 1850 metų, o 16 iš 17 metų, pradedant 2000 metais, patenka į šilčiausių metų kategoriją (žr. 14 klausimą).
- Arkties ledų išplitimo plotas rugsėjo mėnesį mažėja 13,3 % kas dešimtmetį, o labiausiai jis buvo sumažėjęs 2012 metais (3,62 mln. km^2, žr. 17 klausimą).
- Antarktidos ledo skydas kasmet praranda apie 100 Gt ledo masės, o Grenlandijos ledo skydas dar daugiau – apie 300 Gt per metus (žr. 18 klausimą).



Kompleksinė klimato kaitą sukeliančių veiksnių (gamtinių ir žmogaus ūkinės veiklos) įtaka per 1951–2010 metus išmatuotiems globaliosios oro temperatūros prie Žemės paviršiaus pokyčiams (IPCC duomenimis)

- Visame pasaulyje pastebimas kalnų ledynų tirpimas, vykstantis Alpėse, Himalajuose, Anduose, Uoliniuose kalnuose, Aliaskoje ir Afrikoje (žr. 19 klausimą).
- Nuo XX amžiaus pabaigos Pasaulinio vandenyno lygis vidutiniškai pakyla kas 3,2 mm per metus, o nuo 1870 metų jis pakilo beveik 20 centimetrų (žr. 33 klausimą).
- Vandenynų rūgštingumas per pastaruosius 50 metų padidėjo 30 %, o vandenynų paviršius kasmet sugeria 2 mlrd. tonų daugiau CO_2.
- Nuo praeito amžiaus vidurio šiaurinėse platumose pastebimas dažnesnis dienų, kurioms būdinga ekstremaliai aukšta oro temperatūra, pasikartojimas ir dienų, kurioms būdinga itin žema temperatūra, skaičiaus mažėjimas. Taip pat vis dažniau pasikartoja stiprios liūtys.

Naujausioje Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos ataskaitoje konstatuojama, jog labai tikėtina, kad įvairus antropogeninis poveikis (žr. 30 klausimą) lemia dabartinio klimato pokyčius ir yra pagrindinė globalaus atšilimo, vykstančio nuo XX amžiaus vidurio, priežastis.

Ar žinote, kad…

- Vykstantys pokyčiai apima visą aplinką – tirpsta kalnų ir jūrų ledas, keičiasi augalų ir gyvūnų paplitimo ribos, medžiai pražysta vis anksčiau.
- Šiltnamio efektą sukeliančių dujų – anglies dioksido, metano ir azoto suboksido – koncentracija atmosferoje yra didesnė nei bet kada per pastaruosius 800 000 metų.
- Klimato kaita jau dabar pareikalauja 400 000 žmonių mirčių ir kainuoja 1,2 trilijono JAV dolerių per metus.

14 Kaip keičiasi oro temperatūra troposferoje?

Faktas

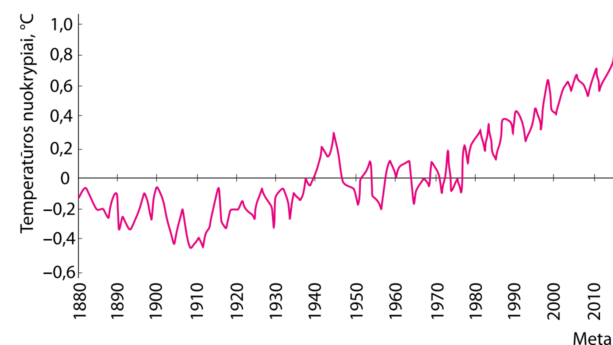
Troposfera yra priežeminis atmosferos sluoksnis, kuriame oro temperatūra mažėja kylant aukštyn. Troposferos storis kinta nuo 8 km poliariniuose regionuose iki 18 km ties pusiauju. Vidutinė oro temperatūra prie Žemės paviršiaus yra apie 15 °C, o ties viršutine troposferos riba ji nukrinta iki –55 °C.

Nors pirmieji oro temperatūros matavimai pradėti XVII amžiuje, tačiau tik nuo XIX amžiaus antrosios pusės tapo įmanoma tiksliai apskaičiuoti globaliąją oro temperatūrą. Todėl jos sekos prasideda nuo 1850 ar 1880 metų.

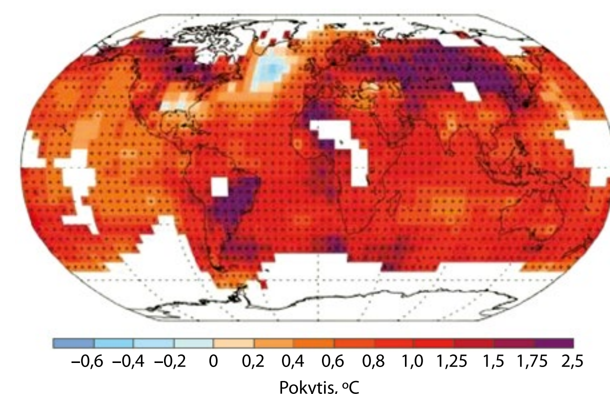
Remiantis Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos ir Nacionalinės vandenynų ir atmosferos tyrimų administracijos (JAV) duomenimis, 1880–2016 metais globalioji oro temperatūra padidėjo 0,92 °C. Oro temperatūros didėjimas buvo nustatytas beveik visame pasaulyje. Antra vertus, dėl natūralių klimato svyravimų per visą oro temperatūros matavimų istoriją išsiskiria keli laikotarpiai, kuriems būdingos labai skirtingos tendencijos. XX amžiaus pirmoje pusėje, apytiksliai nuo antrojo dešimtmečio pradžios iki penktojo vidurio, oro temperatūra didėjo, vėliau kito mažai ir net nežymiai sumažėjo. Dar stipresnis jos didėjimas prasidėjo XX amžiaus aštuntojo dešimtmečio viduryje. Dešimt pačių šilčiausių metų (nuo oro temperatūros matavimų pradžios) buvo užfiksuoti 1998–2016 metais. 2014, 2015 ir 2016 metai buvo rekordiškai šilti, ir tai gali būti siejama su itin stipriu *El Niño* reiškiniu (žr. 34 klausimą).

Nuo XX amžiaus pradžios didžiausi pokyčiai nustatyti poliarinėse, ypač Šiaurės pusrutulio, platumose virš sausumos. Šiose srityse oro temperatūra prie Žemės paviršiaus pakilo daugiau kaip 2 °C. Tropinėje zonoje virš vandenyno pokyčiai buvo mažesni. Į pietus nuo Grenlandijos nustatytos neigiamos kaitos tendencijos, t. y. oro temperatūra sumažėjo. Tokie pokyčiai sietini su tuo, kad vis daugiau Grenlandijos ledo skydo tirpsmo vandens patenka į Atlanto vandenyną. Mažesnio tankio gėlas vanduo lieka paviršiuje, o tai mažina termohalinės cirkuliacijos, kurios metu šiame regione gilyn grimzta druskingas didelio tankio Golfo srovės vanduo, intensyvumą.

Mokslininkai nustatė, kad kai kuriuose regionuose vadinamojo klimatinio optimumo metu (X–XIII amžiuje; žr. 10–11 klausimus) vyravo temperatūra, panaši į XX amžiaus pabaigos. Tačiau tokiuose regionuose šiltesnio klimato laikotarpis buvo stebimas ne vienu metu.



Vidutinės metinės globaliosios oro temperatūros kaita 1880–2016 metais (NOAA duomenimis). *Temperatūros anomalijos apskaičiuotos kaip nuokrypis nuo vidutinės 1901–2000 metų reikšmės*



Vidutinės metinės oro temperatūros pokytis 1901–2012 metais (GISS duomenimis)

Lentelė. Šilčiausių metų dešimtukas per visą oro temperatūros matavimų (1880–2016 metai) laikotarpį (NOAA duomenimis)

Vieta	Metai	Temperatūros anomalija, °C
1	2016	0,94
2	2015	0,90
3	2014	0,74
4	2010	0,70
5	2013	0,67
6	2005	0,66
7	2009	0,64
8	1998	0,63
9	2012	0,62
10	2007	0,61

Nustatyta, kad nuo XX amžiaus vidurio padidėjo ne tik priežeminio atmosferos sluoksnio, bet ir vidutinė visos troposferos storymės (iki 8–16 km) temperatūra. Tačiau tik vidutinėse Šiaurės pusrutulio platumose gana tiksliai apskaičiuotas pokyčių greitis (skirtingame aukštyje virš jūros lygio). Kitose pasaulio vietose dar nėra sukaupta pakankamai duomenų, kurie leistų atlikti apibendrinamuosius skaičiavimus. Taip pat nustatyta, kad visame pasaulyje sumažėjo šaltų naktų ir dienų, o šiltų naktų ir dienų padaugėjo. Didelėje Europos, Azijos ir Australijos dalyje padidėjo karščio bangų pasikartojimo dažnis ir intensyvumas.

Ar žinote, kad…

- Pietų pusrutulyje žiemos vidutiniškai yra šiltesnės, o vasaros – vėsesnės nei Šiaurės pusrutulyje. Taip yra todėl, kad temperatūros svyravimus švelninantis vandenynas Pietų pusrutulyje užima didesnę teritoriją.

15 Kaip pakito stratosferos temperatūra?

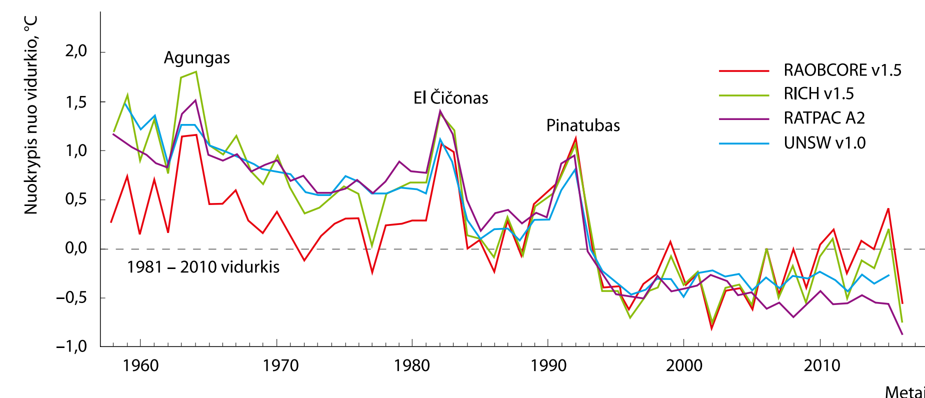
Faktas
Stratosfera – atmosferos sluoksnis, prasidedantis 8–16 km aukštyje (priklausomai nuo platumos) ir besitęsiantis iki 50 kilometrų. Šiame sluoksnyje oro temperatūra kyla didėjant aukščiui.

Temperatūros stratosferoje didėjimas aiškinamas tuo, kad šiame sluoksnyje ultravioletinę Saulės spinduliuotę intensyviai sugeria ozonas. Stratosferoje yra daugiau kaip 90 % viso atmosferos ozono kiekio.

1930 metais beveik tuo pat metu Rusijoje, Prancūzijoje ir Vokietijoje į orą pakilo pirmieji šiuolaikinių radiozondų prototipai. Iš troposferos ir apatinės stratosferos dalies pradėta gauti reguliari informacija apie oro sąlygas aukštesniuose atmosferos sluoksniuose. Tačiau tik šeštojo dešimtmečio pabaigoje matavimų tinklas tapo pakankamas, kad galėtume globaliu mastu įvertinti stratosferos oro temperatūrą. Nuo 1979 metų šiuo tikslu tapo įmanoma naudoti palydovų teikiamus duomenis.

Remiantis skirtingais informacijos šaltiniais, nuo 1979 metų stratosfera vėso 0,3–0,6 °C per dešimtmetį, o tai yra priešingi pokyčiai nei užfiksuoti apatinėje troposferoje. Panašios tendencijos išryškėjo ir analizuojant duomenis nuo 1958 metų. Temperatūros mažėjimas nebuvo tolygus. Jis dažnai pertraukiamas galingų ugnikalnių išsiveržimų. Jų metu į stratosferą patenka milžiniškas aerozolių kiekis, kurių smulkiausi elementai ore gali išbūti keletą mėnesių ar net kelerius metus. Jie sugeria Saulės spinduliuotę, todėl apatinė stratosferos dalis šyla, o planetos paviršių pasiekia mažesnis spinduliuotės srautas. Galingų ugnikalnių išsiveržimų metu (1815 metais išsiveržė Tamboros, 1883 – Krakatau, 1991 – Pinatubo ugnikalnis) poveikį patyrė viso pasaulio klimatas – vidutinė globalioji oro temperatūra laipsnio dalimis ar net keliais laipsniais sumažėjo. Kita vertus, pastaruosius dvidešimt metų stratosferos temperatūra beveik nekinta.

Yra keletas aiškinimų, kodėl oro temperatūra stratosferoje mažėjo. Pats paprasčiausias – stratosferoje sumažėjo ozono kiekis. Mažiau ozono – vadinasi, mažiau ultravioletinės spinduliuotės sugeriama, taigi atmosfera šiame aukštyje šyla silpniau. Kitas aiškinimas sietinas su tuo, kad troposferoje didėjant ŠESD kiekiui, joje yra sugeriama daugiau ilgabangės Žemės spinduliuotės. Todėl troposfera šyla, o stratosferą pasiekia vis mažiau Žemės spinduliuotės ir stratosfera vėsta. Tai pastebima ir Veneroje, kur dėl ŠESD planetos paviršiuje atmosferos temperatūra labai aukšta, o aukštesniuose atmosferos sluoksniuose ji mažesnė nei Žemėje. Ozono koncentracijos mažėjimas daugiau lemia vėsimą apie 20 km aukštyje, o šiltnamio efekto stiprėjimas – 40–50 km aukštyje.



Oro temperatūros apatinėje troposferoje kaita 1958–2016 metais, remiantis skirtingais radiozondavimo duomenų šaltiniais (RAOBCORE, RATPAC, RICH, UNSW). Staigūs oro temperatūros padidėjimai vyko dėl Agungo (1963), El Čičono (1982) ir Pinatubo (1991) ugnikalnių išsiveržimų (Blunden ir kt., 2017).

JAV ir Šveicarijos mokslininkai nustatė, kad stratosferos temperatūros mažėjimą galėjo sukelti šiame atmosferos sluoksnyje didėjantis vandens garų kiekis. Tai, jog nuo XX amžiaus paskutinio dešimtmečio vidurio stratosfera nebevėsta, sutampa su oro drėgmės pokyčių stratosferoje tendencijomis – vandens garų kiekis pradėjo mažėti. Manoma, kad tai įvyko dėl pasikeitusių vertikalaus oro maišymosi sąlygų atogrąžose. Kol kas neaišku, ar šis reiškinys yra grįžtamasis klimato kaitos atsakas, ar natūralus dešimtmečių trukmės ciklas.

Visa tai lėmė ne tik pokyčius stratosferoje, bet ir XXI amžiaus pradžioje užfiksuotą lėtesnį globaliosios oro temperatūros didėjimą. Staigus oro temperatūros prie Žemės paviršiaus didėjimas 1980–2000 metais iš dalies (apie 30 %) galėtų būti aiškinamas vandens garų kiekio pokyčiais stratosferoje. Didėjant stratosferos vandens garų kiekiui apatinė stratosfera vėsta, nes didėja jos į tarpplanetinę erdvę išspinduliuojamas energijos kiekis, o oro temperatūra prie Žemės paviršiaus kyla (stiprėja šiltnamio efektas).

Nors mechanizmai, reguliuojantys stratosferos temperatūrą, nėra iki galo aiškūs, neabejotina, kad pokyčiai šiame atmosferos sluoksnyje glaudžiai susiję su klimato pokyčiais, vykstančiais prie Žemės paviršiaus.

Ar žinote, kad…

- 1902 metais iš karto du mokslininkai – aerologinių matavimų meteorologijoje pradininkai prancūzas Leonas Tesranas de Boras (Léon Teisserenc de Bort) ir vokietis Richardas Asmanas (Richard Assmann) – paskelbė, kad maždaug 10 km aukštyje virš Žemės oro temperatūra nustoja mažėti ir pradeda kilti. Taip visuomenė sužinojo apie stratosferą (lot. *strato* – sluoksnis).

16 Ar ozono skylės susijusios su klimato kaita?

Faktas
Didžiausias ozono tankis yra stratosferoje, 20–35 km aukštyje.

Ozonas (O_3) – stipriai kvepianti deguonies atmaina, turinti tris deguonies atomus. Tai ypač svarbios Žemės atmosferos dujos, nors sudaro tik milijoninę jos dalį. O_3 skirstomas į priežeminį ir stratosferinį. Priežeminių troposferos sluoksnių O_3, dar vadinamas bloguoju O_3, yra pavojingas teršalas, nes didelė jo koncentracija kenkia žmogaus kvėpavimo ir regos organams, ardo kraujyje hemoglobiną.

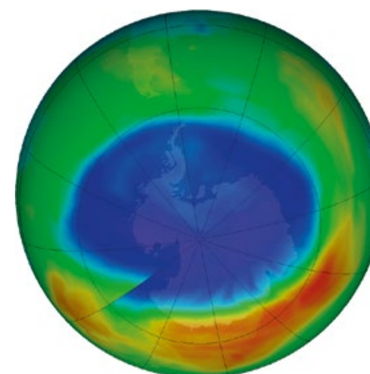
Klimatui didžiausią reikšmę turi stratosferinis ozonas. Aukštuose atmosferos sluoksniuose, stratosferoje, O_3 susidaro, kai ultravioletiniai Saulės spinduliai skaido deguonies molekules į atomus: atominis deguonis jungiasi su deguonies molekule ir susidaro ozonas. Čia esantis O_3 sugeria Saulės ultravioletinę spinduliuotę, taip apsaugodamas gyvąjį pasaulį nuo pražūtingo jos poveikio.

O_3 sugeria apie 4 % visos į Žemę sklindančios Saulės energijos. Daugiausia tai ultravioletinė ir infraraudonoji spinduliuotė. Dėl to stratosferoje pakyla oro temperatūra, pasikeičia atmosferos cirkuliacija. Todėl O_3 labai svarbus Žemės klimatui.

Kai kalbama apie O_3 sluoksnį, turima galvoje visas atmosferoje esantis į sluoksnelį „suspaustas“ O_3 kiekis. Jo storis vidutiniškai sudarytų tik apie 3 mm, bet kinta nuo 1,5 iki 4,5 mm. Kad duomenys būtų tikslesni, O_3 kiekį priimta matuoti Dobsono vienetais (DU), kurie pavadinti anglų meteorologo Gordono Milerio Borno Dobsono (Gordon Miller Bourne Dobson) vardu. 1 DU = 0,01 mm suspausto O_3 sluoksnio esant 0 °C ir 1013,25 hPa slėgiui. Taigi galime apskaičiuoti, kad atmosferoje yra vidutiniškai 300 DU ozono.

Nuolat matuoti ozono kiekį atmosferoje pradėta XX amžiaus trečiojo dešimtmečio viduryje. Nustatyta, kad stratosferinio O_3 kiekis natūraliai kinta pagal metų laikus ir vietą. 1979 metais pastebėta, kad virš Antarktidos O_3 sluoksnis periodiškai išretėja – susidaro O_3 skylė (plotas, kuriame O_3 lieka mažiau kaip 220 DU). Mažiausiai O_3 lieka rugsėjo pabaigoje–spalio pradžioje, baigiantis poliarinei nakčiai. Iš pradžių O_3 skylė užimdavo vos kelis milijonus kvadratinių kilometrų, bet XX amžiaus pabaigoje jos plotas pasiekė 25–27 mln. km^2, o pastaraisiais metais kinta nuo 23 iki 28 mln. km^2. Tai du su puse karto didesnė teritorija nei Europa. Skylės centre, virš Pietų ašigalio, O_3 kartais lieka mažiau nei 90–100 DU.

Ozono kiekio stratosferoje sumažėjimas virš Antarktidos sukėlė stratosferos cirkuliacijos pokyčius, kurie savo ruožtu turi įtakos troposferos klimatui.



Didžiausia ozono skylė (19,6 mln. km^2, mėlynas plotas) susidarė 2017 metų rugsėjo 11 dieną (NASA nuotrauka)

O_3 mažėjimas pirmiausia lėmė žemutinės stratosferos temperatūros kritimą žiemos metu, o tai yra pagrindinė stratosferos ciklonінio poliarinio sūkurio (SCPS) stiprėjimo priežastis. Stiprus SCPS skatina labai aktyvių vidutinių platumų ciklonų susidarymą aplink Antarktidą, atskiria Antarktidos žemyną nuo šiltų vidutinių platumų oro masių įsiveržimo ir O_3 pritakos. Todėl Antarktidoje per pastaruosius 30 metų laikosi stabili temperatūra, šis žemynas vis dar pristabdo ir globaliosios oro temperatūros didėjimą. Šaltame SCPS susidaro O_3 ardančių medžiagų prisotinti poliariniai debesys. Jų ledo kristalai sudaryti iš azoto ir sieros rūgščių, chloro ir bromo junginių. Pavasarį, sustiprėjus Saulės spinduliuotei, ledo kristalai ištirpsta, šie cheminiai junginiai skyla ir, būdami labai aktyvūs, pradeda ardyti ozoną.

Remiantis bendrųjų klimato ir cheminių reakcijų modelių rezultatais, galima teigti, kad O_3 skylės virš Antarktidos per artimiausius dešimtmečius turėtų mažėti, o temperatūra – kilti. Atsikūręs O_3 sugers daugiau ultravioletinės spinduliuotės ir stratosferoje temperatūra gali pakilti 8–9 °C.

Šiaurės poliarinėje srityje tokių didelių O_3 skylių, kokios yra virš Antarktidos, nesusidaro, nes Šiaurės pusrutulyje stratosferinis cikloninis sūkurys dėl aukštesnės temperatūros nėra toks didelis ir stiprus kaip virš Antarktidos, be to, vasarą jis virsta anticikloniniu sūkuriu. Todėl tarp tropinių ir poliarinių platumų vykstanti intensyvesnė horizontali oro masių apykaita užtikrina didesnį O_3 kiekį Arktyje.

Nors vis dar susidaro didelės O_3 skylės, bendras globalusis O_3 kiekis nuo 2000 metų ėmė iš lėto didėti. To pavyko pasiekti mažinant O_3 ardančių dujų emisiją. Saulės aktyvumo kaita ir vulkaninės kilmės chloro bei azoto junginių išlakos ilgalaikių O_3 kiekio svyravimų nelemia, sukelia tik trumpalaikius (kelerių metų trukmės).

Ar žinote, kad…

- Ozoną 1839 metais atrado vokiečių chemikas Kristianas Fridrichas Šionbainas (Christian Friedrich Schönbein). Pavadinimas kilo nuo senovės graikų kalbos žodžio *ozōn*, reiškiančio „kvepėti“.
- Lietuvoje (Kauno meteorologijos stotyje) ozono matavimai pradėti 1993 metais.
- Gamtiniai šaltiniai ozoną ardančius stratosferinio chloro kiekius papildo tik apie 18 %, visa kita chloro emisija susijusi su žmogaus veikla. Bromo junginių iš gamtinės ir antropogeninės kilmės šaltinių į stratosferą patenka maždaug po lygiai.

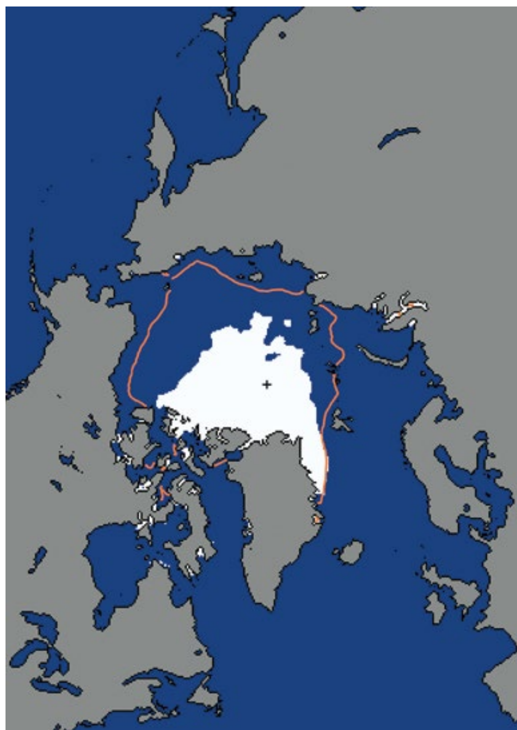
17 Kaip klimato kaita pasireiškia Arktyje?

Faktas

Jūros ledas Šiaurės pusrutulyje 1979 metų kovo mėnesį dengė 16,5 mln. km^2. Šis plotas beveik lygus didžiausios pasaulio valstybės – Rusijos – plotui.

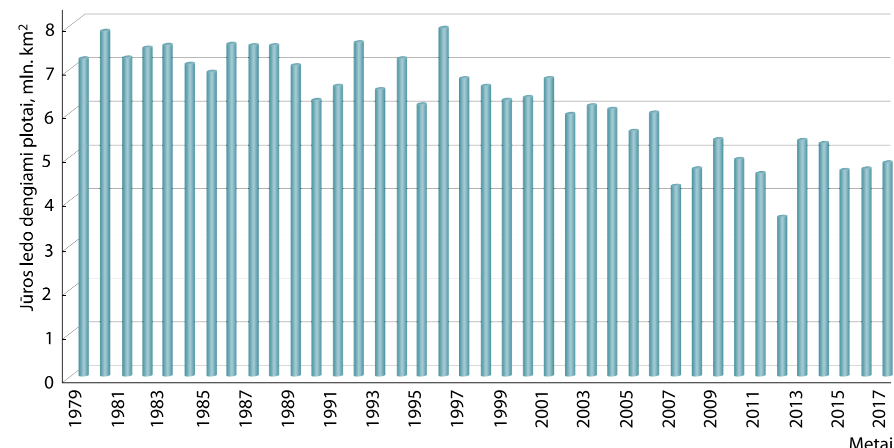
Pastaraisiais dešimtmečiais Arkties regione oro temperatūra padidėjo labiau nei bet kuriame kitame Žemės kampelyje. Kylant oro temperatūrai, Arktyje kinta jūros ledo, sniego dangos ir nuolatinio įšalo paplitimas bei storis, daromas didžiulis poveikis aplinkai.

Remiantis rugsėjo mėnesį (tuo metu jūros ledo dangos išplitimas Arktyje pats mažiausias) gaunamais palydoviniais duomenimis, nuo 1979 metų jūros ledo išplitimas sumažėjo 30 %. Palydoviniai duomenys rodo, kad mažėja sniego dangos paplitimas ir storis, o Grenlandijoje ir Kanadoje tirpsta ledynai. Mažėja ne tik jūros ledo išplitimas, bet ir storis, taigi vis didesnę Arkties vandenyno dalį dengia vienmetis ledas, o storo daugiamečio ledo plotai mažėja. Todėl šiltomis vasaromis vis didesniuose vandenyno plotuose ledas ištirpsta. 2012 metų rugsėjį jūros ledas dengė tik 3,6 mln. km^2 – tai perpus mažesnis ledu padengtas plotas, nei buvo XX amžiaus aštuntojo ir devintojo dešimtmečio sandūroje (kai pradėti palydoviniai matavimai). Nors pavasario pradžioje Arkties ledų dengiami plotai labai padidėja – ledas dengia beveik visą Arkties vandenyną, – tačiau ledo tūrio mažėjimas pastebimas visais metų laikais. Prognozuojama, kad XXI amžiaus antrojoje pusėje Arkties vandenyne vasarą išliks tik nedideli jūros ledo fragmentai.



Minimalus jūros ledo išplitimas Arkties vandenyne 2012 metų rugsėjo mėnesį ir vidutinis išplitimas 1979–2000 metų rugsėjį (oranžinė linija)
(NSIDC duomenimis)

Ne mažiau svarbus sniego dangos ir nuolatinio įšalo plotų bei storio mažėjimas. Sniego dangos plotų mažėjimas labiausiai pastebimas pavasarį – tai siejama su šiuo metų laiku sparčiai didėjančia oro temperatūra.



Jūros ledo išplitimo Arkties vandenyne kaita 1979–2017 metų rugsėjo mėnesį
(NSIDC duomenimis)

Pokyčiai Arktyje labai svarbūs, nes šis regionas atlieka visos Žemės „šaldytuvo“ funkciją – į tarpplanetinę erdvę Arktis išspinduliuoja daugiau energijos nei pati sugeria, todėl ji vėsina visą planetą. Vadinasi, pokyčiai Arktyje paveiks viso pasaulio klimatą.

Taip pat Arktyje formuojasi ir labai svarbūs grįžtamieji klimato sistemos mechanizmai. Pavyzdžiui, tirpstant jūros ledui susidarę atviros jūros plotai sugeria daugiau Saulės spinduliuotės (ledas labiau ją atspindi), o įšilęs vanduo dar pagreitina ledo tirpimą.

Pokyčiai Arktyje labai paveiks šio regiono ekosistemą. Gali išnykti kai kurios žuvų ir žinduolių rūšys, stiprėja krantų erozija, daromas didžiulis poveikis 4 milijonams regiono gyventojų. Arktyje mažėjantys jūros ledo plotai kelia didelę grėsmę vienai didžiausių pasaulyje plėšrūnų – baltųjų lokių – populiacijai.

Kita vertus, jau dabar svarstoma, kaip geriau išnaudoti naujai atsivėrusius jūros kelius – tiek palei šiaurinę Rusijos pakrantę, tiek pro Kanados salyno labirintą. Pavyzdžiui, laivo kelias iš Roterdamo (Olandijoje) į Jokohamą (Japonijoje), plaukiant per Arkties vandenyną ir Beringo sąsiaurį, sutrumpėja 37 %. Šiuo metu Šiaurės valstybės (Danija, JAV, Kanada, Norvegija ir Rusija) siekia teisiškai pasidalyti Arkties vandenis, nes atsiveria vis didesnės galimybės išgauti vandenyno dugne susikaupusius naudinguosius išteklius, daugiausia dujas ir naftą.

Ar žinote, kad…

- Pavadinimas Arktis kilęs iš graikiško žodžio *arktikos*, nurodančio šiaurės kryptį, kur spindi Grįžulo ratų – Didžiųjų ir Mažųjų – žvaigždynai.
- Šiuo metu Arktyje gyvena 20–30 tūkstančių šio regiono simboliu laikomų baltųjų lokių.

18 Ar jau pradėjo tirpti didieji Grenlandijos ir Antarktidos ledo skydai?

Faktas
Didžiausias ledo skydas yra Antarktidoje. Jame sukaupta apie 90 % viso pasaulio ledo ir 80 % gėlo vandens atsargų.

Pasaulyje yra du ledo skydai – Grenlandijoje (1,7 mln. km^2) ir Antarktidoje (14 mln. km^2). Juose sukaupta apie 33 mln. km^3 vandens. Jei visą pasaulio sausumą padengtume šiuose ledo skyduose sukauptu ledu, susidarytų apie 220 m storio sluoksnis.

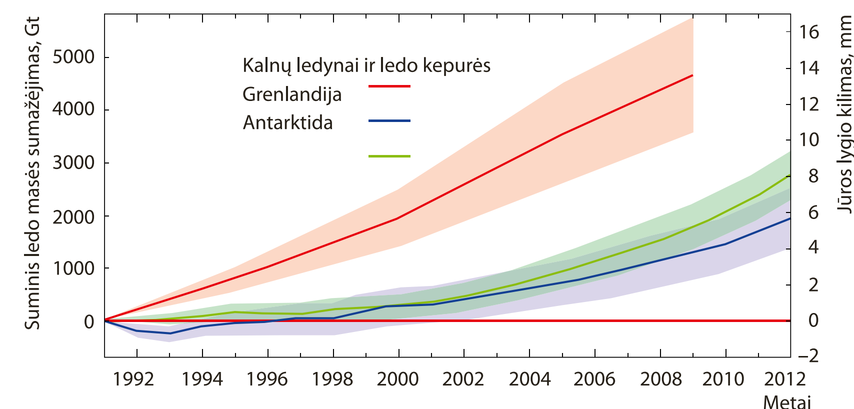
Ledynai storėja, kai ant jų paviršiaus sniego iškrinta daugiau, negu gali ištirpti ledo. Tačiau besikeičiančio klimato sąlygomis sniegas kaupiasi lėčiau, nei tirpsta. Ištirpus ledo skydams, į Pasaulinį vandenyną išsilietų milžiniškas kiekis vandens, o pasekmės galėtų būti katastrofiškos: ne tik pakiltų jūros lygis, bet ir būtų paveiktas visos Žemės klimatas. Mūsų planeta labai pasikeistų. Todėl pasaulio mokslininkai susirūpinę stebi pokyčius šiuose milžiniškuose ledo masyvuose, kuriuos „išjudinti“ gan sunku. Tačiau juose prasidėję pokyčiai tęstųsi ir dar ilgai po to, kai nutrūktų (labai mažai tikėtina!) išorinis klimato pasikeitimų poveikis.

Tik atsiradus palydovinei informacijai pavyko nustatyti pokyčių ledo skyduose mastą. Tyrimai rodo, kad ledo skydai jau pradėjo tirpti. Tarpvyriausybinė klimato kaitos komisija teigia, kad 1993–2010 metais pasaulinis jūros lygis kilo vidutiniškai apie 3,2 mm per metus. Iš jų dėl tirpstančių ledo skydų – 0,6 mm (0,33 mm tirpstantis ledo skydas Grenlandijoje ir 0,27 mm – Antarktidoje), tirpstantys kalnų ledynai pridėjo 0,7 mm, o terminis vandens plėtimasis – 1,1 mm. Nors pokyčiai ledo skyduose kol kas nėra labai dideli, tačiau stiprų susirūpinimą kelia tai, kad ledas tirpsta vis sparčiau.

Jau dabar aiškiai pastebimi Grenlandijoje vykstantys pokyčiai. Nuo 1976 metų natūralus vasaros ledo tirpimas sustiprėjo daugiau kaip 30 %. Tik didesniame aukštyje (salos centrinėje dalyje) sniegas vis dar kaupiasi greičiau, nei gali ištirpti. Tačiau plotai, kuriuose ledo skydas storėja kasmet, vis mažėja. Dėl to mažėja bendra ledyno masė, nes, kylant oro temperatūrai, labai sustiprėjo ledo skydo pakraščių tirpimas ir pagreitėjo pakrantės ledynų judėjimas ir skilimas. 1992–2001 metais Grenlandija kasmet vidutiniškai netekdavo apie 34 Gt ledo, o 2002–2011 metais šis skaičius padidėjo iki 215 gigatonų.

Didžiojoje Antarktidos dalyje pokyčiai mažai pastebimi. Vidutinė Antarktidos temperatūra yra −37 °C, o daug kur šiame žemyne oro temperatūra niekada nebūna teigiama. Todėl artimiausiu laiku labai dideli ledo tūrio pokyčiai ma-

← Turinys →



Suminis ledo skydų ir kalnų ledynų ledo masės sumažėjimas (Gt) 1992–2013 metais, taip pat šio sumažėjimo nulemtas jūros lygio kilimas (mm) (IPCC duomenimis)

žai tikėtini. Nustatyta, kad Vakarų Antarktidoje, daugiausia Amundseno jūros regione, ledo skydas plonėja, o Rytų – storėja. Vis dėlto pastaraisiais dešimtmečiais ledo ištirpsta daugiau, negu jo gali susidaryti. Tarpvyriausybinė klimato kaitos komisija teigia, kad suminiai ledo nuostoliai Antarktidoje padidėjo nuo 30 Gt (1992–2001 metais) iki 147 Gt (2002–2011 metais) per metus. Remiantis klimato prognozėmis, XXI amžiaus pabaigoje Antarktidoje dėl pasikeitusios atmosferos cirkuliacijos snigs daugiau negu dabar, nes į poliarines sritis atkeliaus daugiau drėgmės. Labai tikėtina, kad Antarktidoje ledas kaupsis greičiau, negu tirps. Oro temperatūra padidės, bet vis dar bus pernelyg žema, kad prasidėtų intensyvus tirpsmas. Tačiau sustiprės ledynų nuotėkis į žemyną supantį vandenyną. Ledo Antarktidoje bus mažiau, o dėl šios priežasties vandenyno lygis iki XXI amžiaus pabaigos pakils 3–5 centimetrus. Grenlandijoje pastaraisiais dešimtmečiais išryškėjusios ledo tūrio mažėjimo tendencijos dar labiau sustiprės, ir iki šio amžiaus pabaigos šie procesai lems, kad jūros lygis pakils 7–12 centimetrų.

Tarpvyriausybinė klimatos kaitos komisija numato, kad jūros lygis XXI amžiuje pakils 26–82 centimetrus. Apie ketvirtį šio prieaugio lems tirpstantys ledo skydai, dar tiek pat – besitraukiantys kalnų ledynai, o beveik pusę viso jūros lygio kilimo lems šylančio paviršinio vandenyno sluoksnio plėtimasis.

Ar žinote, kad….
- Antarktidą dengia vidutiniškai 2100 m, o Grenlandiją – 1800 m storio ledo sluoksnis.
- Ištirpus visiems ledynams Pasaulinio vandenyno lygis pakiltų apytiksliai 66 metrais: ištirpęs Antarktidos ledo skydas jūros lygį pakeltų 58,3 m, Grenlandijos ledo skydas – 7,36 m, o kalnų ledynai ir ledo kepurės – 0,41 metro.

← Turinys →

19 Ar galima nufotografuoti klimato kaitą?

Faktas

Šiuo metu kalnų ledynai ir ledo skydai dengia 10 % planetos sausumos ploto. Per paskutinį ledynmetį šis skaičius siekė 32 %.

Suprantama, sunku paliesti, išgirsti ar pamatyti klimato kaitą. Dažniausiai klimatologai remiasi skaičiais, kurie ne visada parodo akivaizdžius pokyčius. Pavyzdžiui, ar nustatytas oro temperatūros padidėjimas 1 °C yra didelis? Daugelis mūsų, greičiausiai, numotų ranka – argi tai pokytis! O per XXI amžių numatomas oro temperatūros padidėjimas dviem trimis laipsniais? „Nieko, išgyvensime“, – ko gero atsakytume. Sunku pajusti, kokį poveikį mus supančiai aplinkai daro tokie iš pirmo žvilgsnio nežymūs pokyčiai. Dažnas mūsų pasakys, kad Lietuvoje žiemos tampa mažiau sniegingos, o ir stipresnis šaltukas rečiau paspaudžia. Kas dar? Lyg ir viskas…

Ko gero pačius akivaizdžiausius pokyčius pastebi žmonės, gyvenantys, ar dažnai būnantys šalia kalnų ledynų, kuriais aplinkiniai visada žavėjosi, o atsiradus galimybei – ir juos fotografuodavo. Lygindami senąsias nuotraukas su nūdienos vaizdais, dažnai nustembame, kur dingo ledynas? Nuotraukos mums neretai leidžia atsekti kalnų ledynų pokyčius per daugiau nei šimtą metų.


1893 m. rugpjūtis

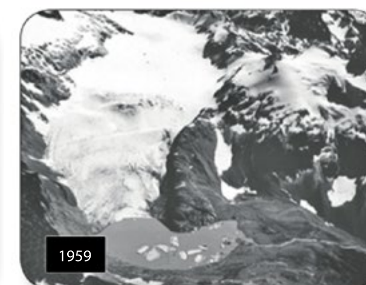

1941 m. rugpjūtis


1976 m. rugsėjis

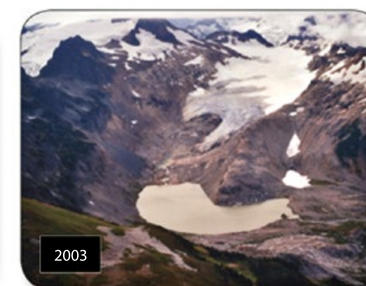

1941 m. rugpjūtis

Muiro ledynas (Aliaska, JAV) nuo 1893 iki 2004 metų. Nuo 1941 metų ledynas atsitraukė daugiau kaip 12 kilometrų ir suplonėjo 800 metrų (NSIDC Glacier Photo Collection)


1928


1959


1979


2003

Pietinis kaskadinis ledynas (JAV) nuo 1958 iki 2009 metų neteko pusės savo tūrio (*USGS duomenimis*)

Nuotraukų rodomą vaizdą patvirtina ir moksliniai tyrimai. Nustatyta, kad ledynai visame pasaulyje traukiasi – mažėja jų ilgis, plotas ir tūris. Išimčių nedaug ir jos nustatytos nedideliuose pasaulio regionuose. Duomenys kasmet tampa tikslesni, nes vis dažniau naudojama palydovinė informacija.

Labiausiai ledynai traukėsi Aliaskoje, Kanados šiaurėje, pietų Anduose ir Azijoje. Minėtose teritorijose ištirpusio ledo masė sudaro 80 % bendro kalnų ledynų sumažėjimo.

Dėl kalnų ledynų tirpimo 1971–2009 metais Pasaulinio vandenyno lygis pakildavo vidutiniškai 0,62 mm per metus. 2005–2009 metais dėl stiprėjančio ledynų tirpimo šis skaičius padidėjo iki 0,83 milimetro.

Kadangi ledynai pavėluotai reaguoja į klimato pokyčius, labai tikėtina, kad jie trauksis net tada, kai globali oro temperatūra nustos didėti. Prognozuojama, kad iki XXI amžiaus pabaigos ledynų tūris sumažės 35–65 %, palyginti su dabartiniu. Įdomu būtų jau dabar pamatyti XXI amžiaus pabaigos nuotraukas.

Ar žinote, kad…

- Ledynų aptinkama 47 pasaulio valstybėse – jų yra visuose žemynuose, išskyrus Australiją.
- Ledynų judėjimo greitis labai skiriasi. Dažniausiai jie juda 1 m per parą greičiu, nors kai kurie beveik visai nejuda. Greičiausiai juda Jakobshavno ledynas Grenlandijoje – 2012 metų vasarą šio ledyno judėjimo greitis siekė 50 m per parą.

20 Kaip Žemėje kinta kritulių kiekis?

Faktas

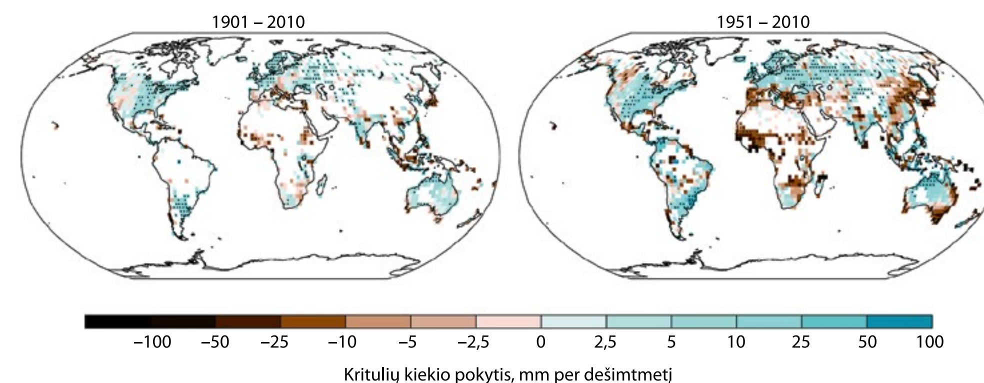
Ant Žemės paviršiaus per metus iškrintantys krituliai sudaro vidutiniškai 990 mm storio vandens sluoksnį, tačiau virš sausumos kritulių kiekis mažesnis – jis siekia 715 mm.

Krituliai yra svarbiausias vandens apytakos rato komponentas, aprūpinantis sausumos paviršių gėlu vandeniu. Didžioji dalis ant sausumos paviršiaus patekusio vandens išgaruoja, o likusi – upėmis nuteka į vandenyną. Tikslus kritulių kiekio ir jo kaitos įvertinimas nepaprastai svarbus gyventojams (ypač sausringose teritorijose), žemės ūkiui, pramonei, hidroenergetikai ir kitoms ūkio sritims. Itin greitai daugėjant gyventojų, gėlo vandens poreikis taip pat auga nepaprastai sparčiai. Todėl kritulių kiekis laikomas vienu svarbiausių klimato rodiklių, kurį, beje, vis dar sunku tiksliai išmatuoti. Pakitęs kritulių kiekis rodo pokyčius visame vandens apytakos rate, o nuo šių pokyčių priklauso daugelis kitų aplinkos sąlygas apibūdinančių rodiklių – pradedant atskirų regionų sausringumu ir baigiant vandenyno druskingumu.

Kylant globaliajai oro temperatūrai, didėja ir drėgmės kiekis ore, tačiau oro prisotinimo drėgme laipsnis ir kritulių formavimosi galimybės gali išlikti nepasikeitusios. Regioniniai kritulių kiekio pokyčiai labiau susiję su atmosferos cirkuliacijos persitvarkymu – jie mažiau priklauso nuo oro temperatūros didėjimo.

Nuo XX amžiaus pradžios vidutinis ant sausumos paviršiaus iškritusių kritulių kiekis pasaulyje pakito nežymiai. Tik pastebimai padidėjo kritulių kiekis vidutinėse ir aukštosiose Šiaurės pusrutulio platumose. Didesni regioniniai kritulių kiekio kaitos skirtumai išryškėjo analizuojant pokyčius nuo 1950 metų. Šiuo laikotarpiu kritulių kiekis padidėjo centrinėje ir šiaurinėje Australijoje bei nemažoje Pietų Amerikos dalyje. Ryškiausios neigiamos kritulių kiekio pokyčių tendencijos užfiksuotos aplink Viduržemio jūrą, Vakarų Afrikoje, Rytų Azijoje ir rytinėje Australijos pakrantėje. Didelėje tropikų dalyje XX amžiaus aštuntajame ir devintajame dešimtmetyje vyravo neigiamos pokyčių tendencijos, o pačioje amžiaus pabaigoje prasidėjo iki šiol besitęsiantis nežymus kritulių kiekio didėjimo periodas.

Kylant oro temperatūrai, sustiprėjo garavimas nuo sausumos ir vandenyno. Kita vertus, drėgmės stokojančiose sausumos srityse mažėja išgaruoti galinčio vandens kiekis, todėl klimatui ir toliau šylant garavimo pokyčius lems vandenynas.



Metinio kritulių kiekio kaita virš sausumos 1901–2010 ir 1951–2010 metais pagal Jungtinės Karalystės klimato tyrimų centro duomenis (IPCC, 2013)

Matavimų tinklas virš Pasaulinio vandenyno yra pernelyg retas, kad galėtume tiksliai spręsti apie kritulių kiekio kaitos tendencijas. Lygiai taip pat sunku įvertinti ir garavimą nuo vandenyno paviršiaus. Tačiau vandenyno paviršiaus druskingumas priklauso nuo skirtumo tarp išgaravusio vandens kiekio ir iškritusių kritulių: kuo mažiau kritulių ir intensyvesnis garavimas, tuo didesnis vandenyno paviršiaus druskingumas. Pastebėta, kad nuo 1950 metų druskingos vandenyno zonos tapo dar druskingesnės (kritulių mažėja, o garavimas didėja), o mažiau druskingų zonų druskingumas sumažėjo.

Taip pat nustatyta, jog dažniau pasikartoja ekstremalūs krituliai – didesnėje pasaulio sausumos dalyje gausių kritulių atvejų skaičius didėjo. Gausių kritulių dažnis ir intensyvumas labiausiai didėjo Šiaurės Amerikoje ir Europoje. Kol kas nėra įrodymų, kad sausringumas pasaulyje pakito. Sausros padažnėjo ir suintensyvėjo Viduržemio jūros regione ir Vakarų Afrikoje, bet susilpnėjo centrinėje Šiaurės Amerikos dalyje ir Australijos šiaurės vakaruose.

Padidėjus šaltojo sezono oro temperatūrai, didelėje pasaulio dalyje mažėjo sniego atvejų skaičius ir iškritusio sniego kiekis. Žiemomis vis dažniau iškrinta lietus, ypač tose teritorijose, kur oro temperatūra artima 0 °C. Šiltesni orai lėmė ir tai, kad Šiaurės pusrutulyje mažėjo sniego dangos išplitimas bei trukmė (ypač nuo devintojo dešimtmečio pradžios). Dienų su sniego danga skaičius labiausiai sumažėjo pavasario mėnesiais. Tai sietina su itin ženkliu oro temperatūros didėjimu ankstyvą pavasarį ir ankstesniu sniego tirpsmu (rudenį pokyčių beveik nepastebėta).

Ar žinote, kad…

- Lietus prasideda, kai iš debesies pradeda kristi ledo kristalai, kurie šiltuoju metų laiku artėdami prie žemės ištirpsta. Stambūs lietaus lašai gali kristi 35 km/h greičiu, o stambios snaigės krinta 3–6 km/h greičiu, ir šis snaigių kelias gali trukti daugiau nei valandą.

21 Ar pasaulio upėmis dabar teka daugiau vandens?

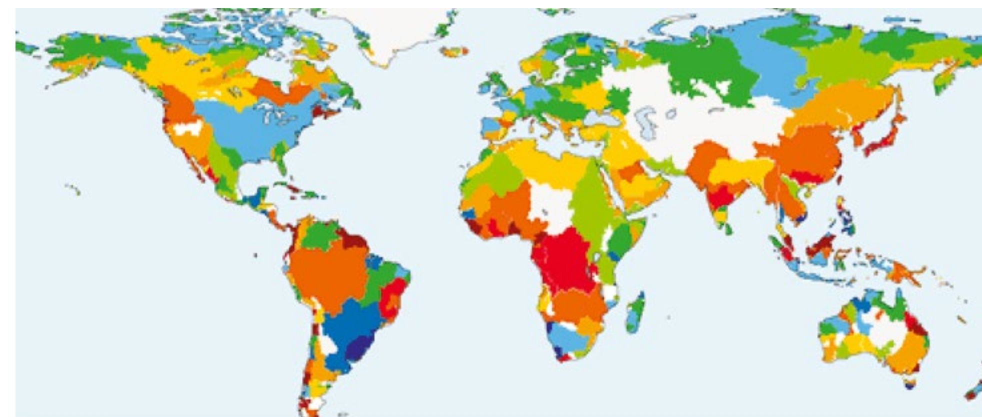
Faktas
Pasaulyje yra 180 upių, kurių ilgis viršija 1000 km, iš jų septynios – ilgesnės nei 5000 kilometrų.

Analizuojant globalių klimato pokyčių poveikį upėms, dažniausiai tiriami vidutinio metinio nuotėkio pokyčiai. Pastarasis dydis yra ne kas kita, kaip skirtumas tarp upės baseine iškritusio kritulių ir nuo paviršiaus išgaravusio vandens kiekio, kuris priklauso nuo oro temperatūros. Upių nuotėkio dydis labai kinta, o jo daugiamečiai pokyčiai atspindi ir regioninius kritulių bei temperatūros pokyčius. Pavyzdžiui, Europoje metinis upių nuotėkis sumažėjo pietuose ir rytuose, o kitur, ypač šiaurėje, jis padidėjo. Šiaurės Amerikoje upių nuotėkis padidėjo Misisipės baseine, o daugelyje aplinkinių baseinų jis sumažėjo. Vis daugiau vandens nuteka šiaurinėmis Azijos upėmis, o Azijos pietuose ryškios neigiamos pokyčių tendencijos. Afrikoje upių vandeningumas didėja rytuose, o vakaruose upės sausėja. Mažėja upių nuotėkis ir Pietų Amerikos šiaurėje.

Skirtumai itin dideli, nes upių baseinai, pasižymintys skirtingomis fizinėmis ir geografinėmis ypatybėmis (skiriasi jų reljefas, dirvožemis ir kita), nevienodai reaguoja į klimato sąlygų (kritulių kiekio ir oro temperatūros) pasikeitimus. Šiuos skirtumus dar labiau padidina žmogaus ūkinė veikla – žemėnaudos kaita, irigacija, didėjantis vandens poreikis pramonei ir gyventojams – lemianti upių nuotėkio pokyčius. Daugelyje tankiau apgyvendintų regionų, ypač kur vanduo naudojamas irigacijai, upių režimo pokyčius žmogaus veikla lemia daug labiau nei besikeičiantis klimatas.

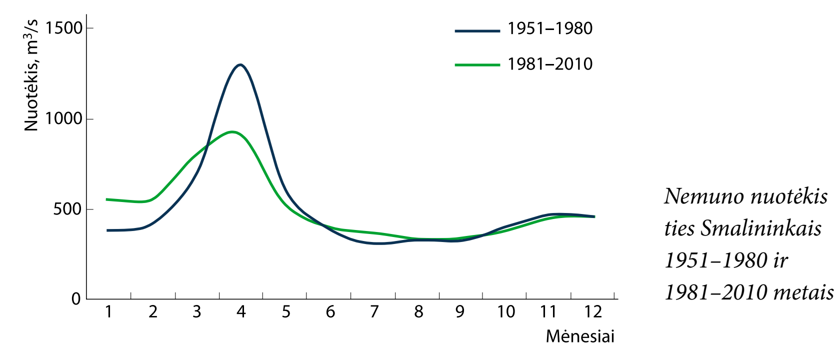
Regionuose, kuriuose didelę upių nuotėkio dalį suformuoja sniego tirpsmas, būdingas gan ryškus sezoninis nuotėkio persiskirstymas. Dėl ankstyvesnio sniego tirpsmo pavasario potvyniai daugelyje upių labai paankstėjo. Plonėjant sniego dangai potvyniai susilpnėjo. Didėjant sniego dangos nepastovumui ir augant skystų kritulių santykinei daliai šaltuoju metų laiku, vis daugiau vandens šiomis upėmis nuteka žiemos mėnesiais. Nuotėkis vasarą ir rudenį daug kur sumažėjo bei padidėjo hidrologinių sausrų tikimybė. Didėjant klimato ir kritulių, ekstremalumui, auga trumpų, tačiau itin stiprių poplūdžių tikimybė, kurie pastaraisiais metais daro vis daugiau žalos prie didžiųjų upių įsikūrusiems miestams.

Keičiasi ne tik upių nuotėkis, bet ir ledo režimas jose. Daugelyje upių, kurioms būdinga ledo danga, ledas nutirpsta vis anksčiau, o pasidengimo juo trukmė mažėja.



Upių nuotėkio kaita 1948–2004 metais (pagal Dai A. ir kt., 2010)

Lietuvos upių nuotėkis padidėja per intensyvų sniego tirpsmą arba po gausių kritulių. Daugelyje mūsų šalies upių per pastaruosius 50 metų pasireiškia ryški žiemos nuotėkio didėjimo tendencija, pavasario nuotėkio ir maksimalių debitų mažėjimo bei ankstėjimo tendencija, o mažiausi pokyčiai yra būdingi rudens ir vasaros sezonams.



Nemuno nuotėkis ties Smalininkais 1951–1980 ir 1981–2010 metais

Ar žinote, kad…
- 17-oje pasaulio valstybių, tarp jų ir Saudo Arabijoje, nėra nė vienos upės.
- Vandens Amazone nuteka daugiau nei kitomis penkiomis vandeningiausiomis pasaulio upėmis kartu sudėjus.

22 Ar tropiniai ciklonai dažnėja, o jų galia didėja?

Faktas

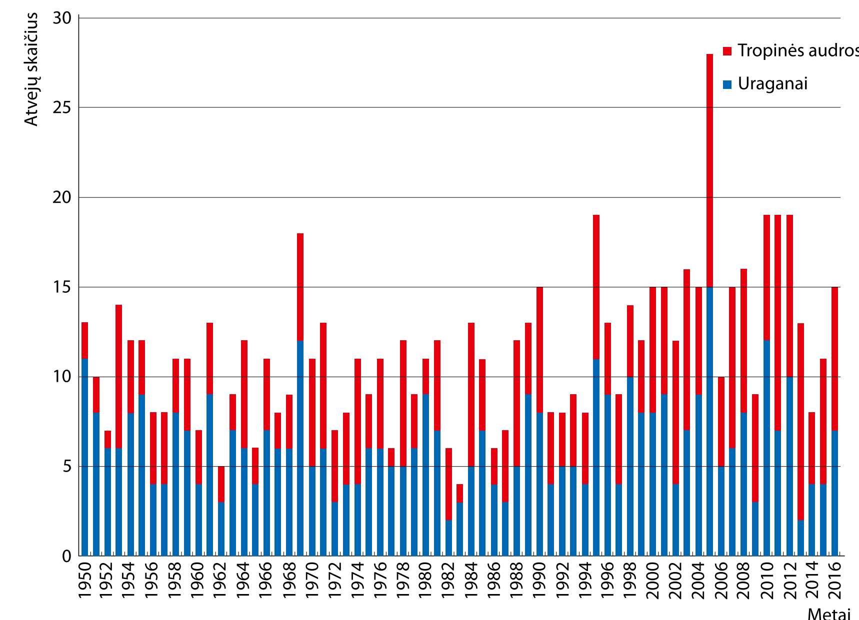
Itin galingas uraganas kiekvieną sekundę išskiria dešimties atominių bombų sprogimui prilygstantį energijos kiekį.

Tropiniai ciklonai – tai tropinėje zonoje virš vandenyno besiformuojantys žemo slėgio dariniai, pasižymintys labai dideliu vėjo greičiu ir labai intensyviais krituliais. Tropinius ciklonus sudaro perkūnijos debesų sistema, kuri sukasi (prieš laikrodžio rodyklę Šiaurės pusrutulyje ir pagal laikrodžio rodyklę Pietų pusrutulyje) apie sistemos centrą – vadinamąją ciklono „akį“. Tam, kad susiformuotų tropiniai ciklonai, paviršinio vandenyno sluoksnio temperatūra turi viršyti 26,5 °C. Išgaravęs paviršiaus vanduo, vėliau, kondensuodamasis aukštesniuose atmosferos sluoksniuose, išskiria milžinišką energijos kiekį. Formuojasi itin vandeningi perkūnijos debesys.

Vidutinis tropinio ciklono skersmuo siekia 500 km, o retais atvejais – net 1000 kilometrų. Slėgis ciklono centre nukrinta iki 950–960 hPa, tačiau galingų uraganų centruose fiksuojamas ir mažesnis negu 920 hPa slėgis. Tropiniai ciklonai pagal jų sukeliamą vėjo greitį skirstomi į tropines audras (vėjo greitis 17–33 m/s), tropinius uraganus (Atlanto vandenyne), tropinius ciklonus (Indijos vandenyne) ir taifūnus (Ramiajame vandenyne), kuriuose vėjo greitis didesnis negu 33 m/s. Ypač didelę griaunamąją galią turinčių uraganų vėjo greitis gūsiuose gali viršyti ir 100 m/s. Milžiniškus nuostolius daro ne tik stiprus vėjas, bet ir galingos liūtys – formuojasi potvyniai, nuošliaužos, selės[1] – ar pakrančių užtvindymas. Tropinių ciklonų judėjimo greitis nelabai didelis (iki 30–40 km/h), tačiau tokiame ciklone pučiantys vėjai įgauna griaunamąją jėgą. Tropiniam ciklonui užslinkus ant sausumos, garavimo intensyvumas ir šilumos srautas labai susilpnėja, todėl ciklono energija greitai mažėja.

Tropiniai ciklonai pasižymi didele pasikartojimo ir intensyvumo amplitude, todėl sunku nustatyti jų daugiametes tendencijas (trūksta patikimos istorinės informacijos), ypač bandant pastarąsias susieti su šiuolaikiniais klimato pokyčiais. Pastaraisiais metais kiekvienas tropinis ciklonas, keliantis grėsmę žmonėms, sulaukia didelio žiniasklaidos dėmesio, tačiau didesnis dėmesys nėra objektyvus tropinių ciklonų dažnį ir intensyvumą atspindintis rodiklis. 2005 metais užfiksuotas rekordinis tropinių uraganų ir audrų skaičius Šiaurės Atlante – tais metais jų buvo 28. O Naujajį Orleaną nuniokojęs uraganas „Katrina“, buvo bene

[1] Selė (arabiškai *sajl* – srovė) – laikinas smarkus vandens, purvo, skaldos ir riedulių srautas kalnų upėse. Susidaro dėl ilgalaikių liūčių, staigaus sniego ir ledo tirpsmo ar didelių nuošliaužų (*red. past.*).



Tropinių audrų ir uraganų skaičius Šiaurės Atlante 1950–2016 metais (*NOAA duomenimis*)

labiausiai žiniasklaidoje aptariama gamtinė katastrofa. Kita vertus, šis uraganas savo griaunamąja jėga ir žuvusiųjų skaičiumi daug kartų nusileido Centrinę Ameriką 1998 metų rudenį nusiaubusiam uraganui „Mičas“, kurio metu vidutinis vėjo greitis buvo pats stipriausias – siekė 80 m/s.

Kylant jūros paviršiaus temperatūrai, tropinių ciklonų skaičius ir intensyvumas turėtų didėti. Tačiau Tarpvyriausybinė klimato kaitos komisija teigia, kad kol kas aiškių pokyčių nenustatyta. Tropinių ciklonų dažnis ir intensyvumas kai kuriuose pasaulio regionuose nuo 1970 metų padidėjo. Komisijos ataskaitoje teigiama, kad tai pastebima Šiaurės Atlante, tačiau dar nėra pakankamai informacijos, kuri leistų daryti galutines išvadas. Pastaruosius kelerius metus tropinių ciklonų šiame regione nebuvo itin daug. Per visą stebėjimų laikotarpį beveik nepakito ir uraganų sukaupta energija (jos kiekis apskaičiuojamas pagal specialų indeksą).

Ar žinote, kad…

- Terminas „uraganas“ kilo iš Amerikos indėnų žodžio *hurucane*, reiškiančio „piktąją vėjo dvasią“.
- Kai Nacionalinis uraganų centras (JAV) 1953 metais tropiniams ciklonams pradėjo duoti vardus, jie buvo vien moteriški. 1978 metais ši tradicija feministinių organizacijų reikalavimu buvo pakeista.
- Daugiausia finansinių nuostolių padarė uraganas „Katrina“. 2005 metais pietines JAV pakrantes užgriuvusio uragano padaryta žala vertinama 108 milijardais dolerių.

23 Ar gali Europoje pasikartoti pražūtingi 2003 metų vasaros karščiai?

Faktas
Šešiolikoje Vakarų Europos valstybių 2003 metų vasarą nuo nepakeliamo karščio, įvairių ekspertų vertinimu, mirė 40–70 tūkst. žmonių, daugiausia – Prancūzijoje.

Istorinė (neturinti analogų praeityje) kaitra ir sausra Vakarų ir Vidurio Europą alino 2003 metų liepos–rugpjūčio mėnesiais. Jungtinėje Karalystėje temperatūra buvo pakilusi iki 38,5 °C, Prancūzijoje net septynias dienas maksimali oro temperatūra buvo perkopusi 40 °C. Kitose šalyse maksimali temperatūra buvo dar aukštesnė: Portugalijoje 48 °C, Ispanijoje 45 °C, Italijoje 46 °C, Šveicarijoje 41,5 °C. Net naktimis laikydavosi apie 30 °C temperatūra. Tai karščiausia vasara Vakarų Europoje per visą meteorologinių stebėjimų laikotarpį (pastaruosius 300 metų). Vidutinė liepos–rugpjūčio mėnesių oro temperatūra daugiametį vidurkį viršijo 4–5 °C, o Pietų Prancūzijoje laikotarpis nuo liepos 20 iki rugpjūčio 20 dienos buvo net 8–10 °C karštesnis nei įprastai. Ypač pavojingos žmonių sveikatai sąlygos susidarė miestuose, nes, vyraujant anticikloniniams orams, labai padidėjo priežeminio ozono koncentracija.

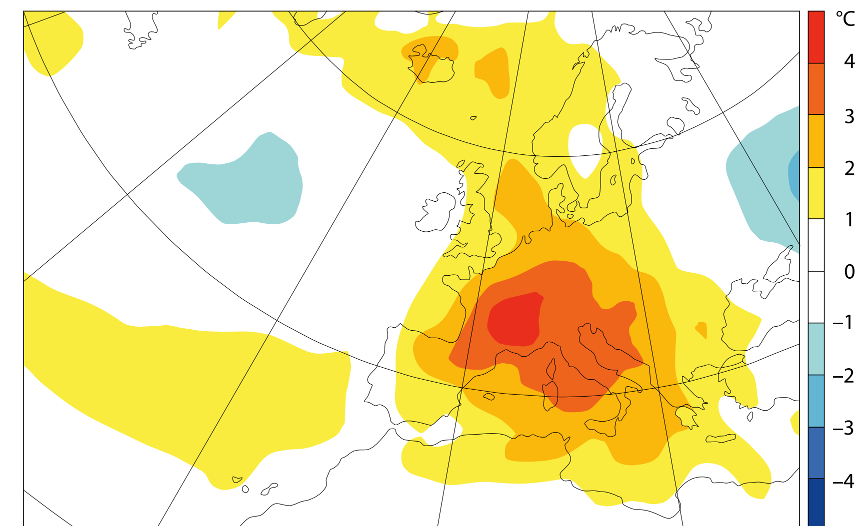
Karščio banga paveikė daugelį ūkio sektorių. Elektros energijos paklausa išaugo, tačiau dėl vėsinimo sutrikimų elektros gamybą branduolinėse ir kitose iškastinio kuro jėgainėse teko riboti.

Nuo karščių ir sausros nukentėjo derliai. Prancūzijoje kviečių derlingumas sumažėjo 20 %, Italijoje ir Jungtinėje Karalystėje 12–13 %, visoje Europos Sąjungoje grūdų derlius buvo mažesnis 10 mln. tonų (10 %). Didelių nuostolių patyrė bulvių ir kukurūzų augintojai, paukštynai, gaisrai sunaikino apie 650 000 ha miškų. Karščiai labai paspartino vynuogių nokimą, derlių teko nuimti mėnesiu anksčiau nei įprastai. Vynuogių derlius daugelyje rajonų sumažėjo, bet cukraus kiekis jose buvo optimalus, vynas pagamintas aukštos kokybės.

Sausra ir karščiai išsekino upes – dėl žemo vandens lygio Elbėje ir Dunojuje laivyba buvo nutraukta. Tačiau Šveicarijos kalnų upėse spartus Alpių ledynų tirpsmas sukėlė poplūdžių.

Labai įkaito ir Viduržemio jūros paviršinis sluoksnis, dėl to sutriko srovių cirkuliacija, ypač vidurinėje jūros dalyje. Biologų manymu, tai turėjo neigiamos įtakos komercinių pelaginių žuvų rūšių reprodukcijai ir sumažino jų populiaciją.

Siekiant užtikrinti, kad nepasikartotų karštosios 2003 metų vasaros padariniai, kai mirė dešimtys tūkstančių gyventojų, o ekonominiai nuostoliai siekė apie



2003 metų vasaros vidutinės oro temperatūros nuokrypiai nuo 1961–1990 metų vidurkio, °C (IPCC duomenimis, 2007)

13 mlrd. eurų, karščio bangų susidarymą ir poveikį imta tyrinėti intensyviau, įgyvendinamos prisitaikymo prie tokių reiškinių prevencinės priemonės, tobulinamos perspėjimo sistemos. Prognozuojama, kad XXI amžiaus antrojoje pusėje panašaus masto karščio bangos taps įprastu reiškiniu, be to, didės gaisrų tikimybė.

Ar žinote, kad…

- 2003 metų vasarą Vakarų Europoje labiausiai padidėjo vyresnių kaip 65 metų žmonių mirtingumas. Beveik du trečdaliai iš visų, mirusių nuo kaitros, buvo moterys.
- Karščio bangų pastaraisiais dešimtmečiais Šiaurės pusrutulio vidutinėse platumose daugėja. Vien per 2017 metų vasarą Vakarų ir Pietų Europoje buvo dvi karščio bangos (oro temperatūra buvo perkopusi 40 °C).
- Lietuvoje karščio bangai priskiriamos dienos, kai, įsiveržus tropinei oro masei, trijų parų aukščiausia oro temperatūra pakyla daugiau kaip 30 °C (kitose šalyse šis kriterijus gali būti kitoks).
- Tūkstančius žmonių gyvybių yra nusinešusios ir kitos karščio bangos: 1976 metais Jungtinėje Karalystėje, 2006 ir 2007 metais visoje Europoje, 1980, 1984, 1988, 1991, 1993, 1995, 1999, 2006, 2011 ir 2012 metais JAV, 2010 metais Rusijoje ir kitur.

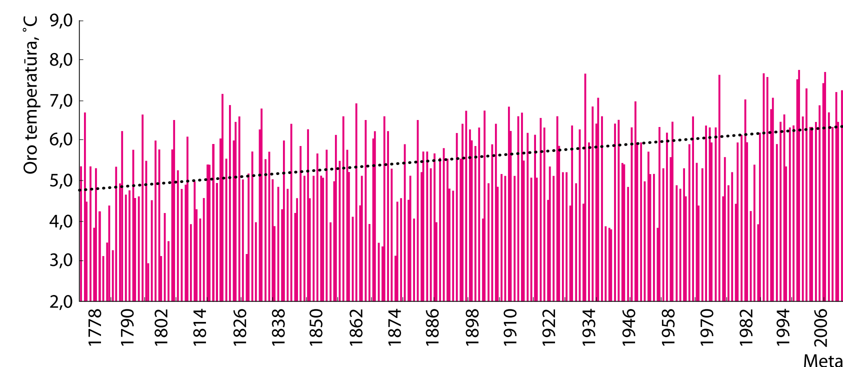
24 Kaip kinta Lietuvos klimatas?

Faktas
Pastaruosius 50 metų vidutinė metinė oro temperatūra Lietuvoje didėja.

Vilniaus universitete kasdienė oro temperatūra pradėta matuoti 1770 metais, todėl sukauptos informacijos pakanka įvertinti per pastaruosius šimtmečius Lietuvoje vykusius klimato pokyčius. Būna vėsesnių ar šiltesnių, sausesnių ar drėgnesnių metų, tačiau, vertinant tokius kasmetinius svyravimus, išryškėja ir gana aiškios bendrosios kaitos tendencijos.

Vėsus klimatas Lietuvoje buvo XVIII amžiaus pabaigoje ir XIX amžiaus pirmajame dešimtmetyje. Tai vadinamojo Mažojo ledynmečio, prasidėjusio XV amžiuje, pabaiga. XIX ir XX amžiaus viduryje buvo gana šilta. Po XX amžiaus 5–9 dešimtmetyje vykusio nežymaus oro temperatūros kritimo vidutinė metinė oro temperatūra Lietuvoje ženkliai padidėjo. Kartu kito ir kiti klimatą apibūdinantys rodikliai. Toliau, remdamiesi ilgiausiai veikiančios Vilniaus meteorologijos stoties duomenimis, pateiksime tik svarbiausius faktus apie klimato pokyčius mūsų šalyje.

- Nuo 1778 iki 2016 metų vidutinė metinė oro temperatūra Vilniuje padidėjo 1,6 °C.
- Labiausiai atšilo sausis, gruodis ir kovas (atitinkamai 3,2 °C, 3,1 °C ir 2,7 °C). Taigi šaltojo periodo temperatūra didėjo greičiau.
- Mažai padidėjo tik rugpjūčio mėnesio temperatūra (0,2 °C), o rugsėjis net atvėso (–0,1 °C).
- 2015 metai Vilniuje buvo patys šilčiausi (vidutinė temperatūra 8,2 °C), o kiekvieni iš pastarųjų 20 metų buvo šiltesni, palyginti su viso laikotarpio vidurkiu.
- 2010 metų liepos mėnesis Vilniuje buvo šilčiausias per visus 239 matavimų metus. Vidutinė oro temperatūra siekė net 21,8 °C.
- Per pastaruosius daugiau kaip 60 metų labai padaugėjo karštų dienų. Nuo 1991 metų tik ketverius metus Vilniuje oro temperatūra nebuvo pasiekusi ir viršijusi 30 °C. 1961–1990 metais tokių metų buvo 18 (iš 30). Daugiausiai karštų dienų buvo 1994 ir 2010 metais (15 ir 14).
- Labai šaltų dienų (oro temperatūra < –20 °C) mažėjo. 1996 metai buvo paskutiniai, kai tokių dienų buvo daugiau nei 10. Nuo 1951 metų daugiausia tokių dienų užfiksuota 1963 ir 1987 metais (po 22).
- Metinis kritulių kiekis Vilniuje (matuojamas nuo 1887 metų) nežymiai didėja. Daugiausia kritulių buvo 2010 metais – 958 mm, t. y. per metus iš debesų iškrito beveik vieno metro storio vandens sluoksnis.



Vidutinės metinės temperatūros kaita Vilniuje 1778–2016 metais. Punktyrinė juoda linija rodo bendrą pokyčių tendenciją

- Labiausiai kritulių kiekis didėjo žiemos mėnesiais, o rugpjūtį kritulių iškrinta daug mažiau, negu jų būdavo matavimo laikotarpio pradžioje.
- Daugėja dienų su gausiais krituliais (>10 mm). Kitaip tariant, lyja rečiau, bet stipriau.
- Didėja liūčių intensyvumas ir per vieną parą iškritusių kritulių kiekis.
- Dėl kylančios oro temperatūros šaltuoju metų laiku vis dažniau lyja ar krinta šlapdriba, o sninga vis rečiau.
- Visoje Lietuvoje mažėja dienų su sniego danga.
- Vis dažnėja karščio bangos ir sausringi laikotarpiai.

Lietuvą, kaip ir visą pasaulį, veikia besikeičiantis klimatas, o jo pokyčiai netgi didesni nei vidutiniai.

Ar žinote, kad…

- Pirmasis meteorologijos mokslo darbas Vilniaus universitete buvo pristatytas 1643 metais. Šv. Jonų bažnyčioje birželio 5 dieną Jonas Počapovskis (Yoanne Poczapowsky) viešai paskelbė tezes *Conclusiones Academicae ex Universa Meteorologia* ir apsigynęs savo darbą įgijo magistro laipsnį.
- Vilniuje 58 kartus iš 100 šilčiausias mėnuo būna liepa, o rugpjūtis – 33 iš 100. Sausis būna šalčiausias 46 kartus iš 100, o vasaris – 30 kartų.
- 1931 metų kovo mėnesį Laukuvoje užfiksuotas rekordinis sniego dangos storis – 94 centimetrai.

Klimato kaitos priežastys

25 Ar klimato kaitos priežastys geologinėje praeityje ir dabar yra tos pačios?

Faktas
Dėl Žemės masės persiskirstymo – litosferos plokščių judėjimo – Žemėje keičiasi geografinių ir magnetinių ašigalių padėtis.

Klimato kaitą gali sukelti trys priežastys: Saulės spinduliuotės prietakos į Žemę nepastovumas, atmosferos sudėties ir Žemės paviršiaus pokyčiai. Šias tris priežastis galėtume pavadinti poveikio klimatui mechanizmais, visus juos gali lemti gamtinės jėgos, o antrąjį ir trečiąjį – dar ir žmogaus veikla. Kai išjudinami klimato kaitos mechanizmai ir jie pradeda veikti, pirmiausia sureaguoja vandenyno ir atmosferos cirkuliacija, paskirstanti energiją Žemės klimato sistemoje – ima formuotis regioniniai ir vietiniai klimato kaitos efektai.

Žmogaus veiklos mastai reikšmingai ėmė didėti nuo XVIII amžiaus vidurio ir pastaraisiais dešimtmečiais ji tapo pagrindiniu dabartinį atšilimą lemiančiu veiksniu. Todėl, vertinant klimato kaitą sukeliančių priežasčių poveikį, būtina į tai atsižvelgti. Iki XVIII amžiaus vidurio egzistavo ikiindustrinė (gamtinė) klimato sistema, o po jos prasidėjo industrinės (dar vadinamos antropogenine) klimato sistemos epocha.

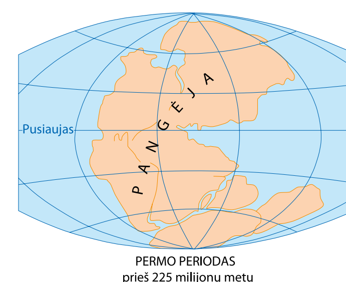
Lygindami šių dviejų epochų klimato kaitos priežastis turėtume nepamiršti, kad skiriasi ir jų poveikio laiko skalės. Geologinėje praeityje klimato kaitos procesai dažniausiai matuojami milijonais metų. Jie gali būti daug ryškesni, palyginti su klimato pokyčiais šimtametėje laiko skalėje.

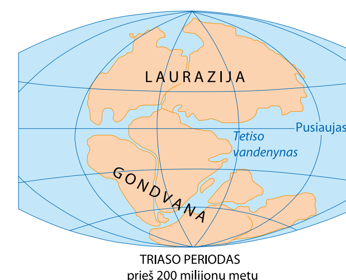
Geologinėje praeityje ilgalaikių ir lėtų klimato svyravimų, kuriuos sukėlė tokie veiksniai kaip litosferos plokščių judėjimas, kalnodara, Žemės orbitos parametrų ir atmosferos cheminės sudėties kaita, fone veikė daug atsitiktinių jėgų, sukeliančių dar ir trumpalaikius klimato svyravimus bei anomalijas. Jų laiko skalė matuojama dešimtimis, šimtais arba tūkstančiais metų. Tai trumpalaikiai Saulės aktyvumo, geomagnetinio lauko įtampos, pulsuojančios atmosferos elektrizacijos reiškiniai, ugnikalnių išsiveržimai.

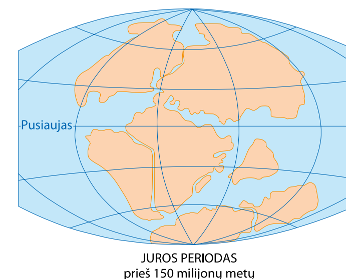
Suprantama, industrinėje epochoje veiksnių, tokių kaip litosferos plokščių judėjimas, pajusti nespėsime. Nustačius senųjų magnetinių laukų kryptis ir ašigalius, pavyko rekonstruoti, kaip žemynai buvo išsidėstę net prieš šimtus milijonų metų. Maždaug prieš 300 mln. metų iš Rodinijos ir Panotijos žemynų susiformavo superžemynas Pangėja, prieš 200–180 mln. metų juros periode ji skilo į Gondvaną ir Lauraziją, dar po 30 mln. metų pradėjo formuotis šiuolaikiniai žemynai, ėmė ryškėti Atlanto ir Indijos vandenynų kontūrai. Slinkdamos plokštės vienose sandūrose išsitempia, proplaiša platėja, kitose gretimos plokštės grūdasi viena ant kitos arba viena po kita panyra. Plokščių sandūrose vyksta vulkanizmas, žemės drebėjimai, susidaro kalnai. Didžiuliame Pangėjos superžemyne klimatas turėjo būti labai sausas, žemyninis. Mažesniuose žemynuose klimatas tapo drėgnesnis, sumažėjo sezoniniai temperatūros svyravimai.

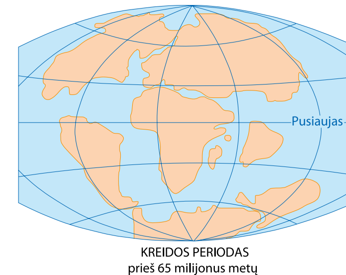
Klimatas labiau keitėsi, kai žemynas patekdavo į poliarinę sritį – prasidėdavo jo apledėjimas ir globalinis klimato atvėsimas. Dreifuojant žemynams, keitėsi vandenyno srovių sistema, kartu ir atmosferos cirkuliacija.

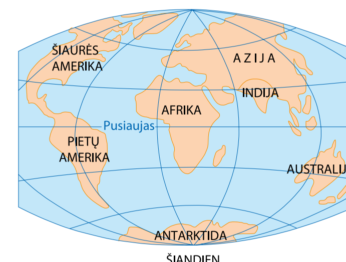
Ar žinote, kad…
- Žemės pluta ir dalis viršutinės mantijos sudaro kietą stangrų sluoksnį, vadinamą litosfera. Ji suskaidyta į 7 dideles ir daug mažų plokščių, tarsi plūduriuojančių ant giliau esančios klampios astenosferos, kurios cirkuliacija ir priverčia plokštes judėti.
- Žemynų dreifavimą patvirtina panašūs jų kontūrai (Pietų Amerikos rytinis ir Afrikos vakarinis šlaitai, jei lyginsime 1800 m izobates), įvairiuose žemynuose randamos tų pačių rūšių gyvūnų, priskiriamų permo ir triaso periodams, fosilijos.
- Vidutinis plokščių judėjimo greitis yra 50–100 km per milijoną metų (arba 5–10 cm per metus).









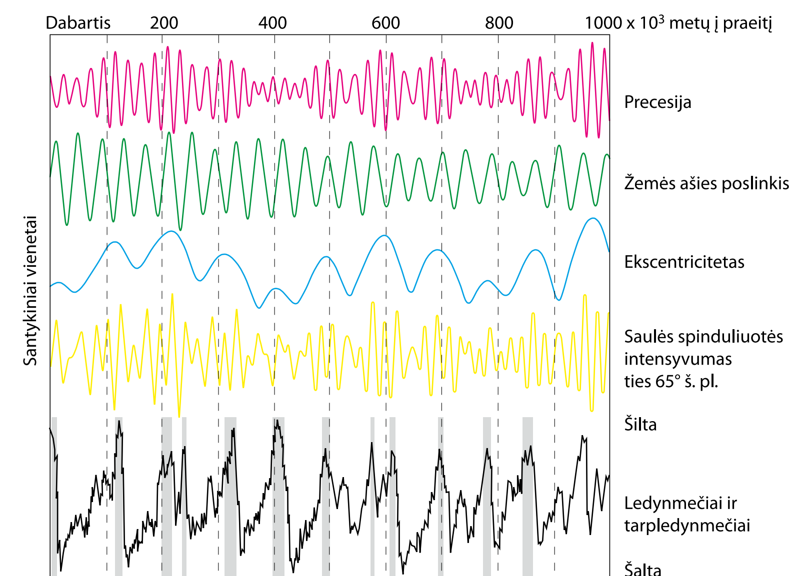


Pangėjos superžemyno skilimas, litosferos plokščių judėjimas ir dabartinis žemynų išsidėstymas (USGS duomenimis)

26 Kokie astronominiai veiksniai keičia Žemės klimatą?

Faktas
Žemės orbitos forma ir sukimosi ašies polinkio kampas nuolat periodiškai kinta.

Palydoviniais matavimais nustatyta, kad Saulės insoliacija ties viršutine Žemės atmosferos riba kinta dėl pačios Saulės išspinduliuojamos energijos nepastovumo. Kinta net ir spektrinė spinduliuotės sudėtis (ypač ultravioletinių spindulių intensyvumas). Tačiau insoliacijos svyravimai nedideli – jų amplitudė dažniausiai neviršija 5 W/m². Vidutinė insoliacija (vadinamoji Saulės konstanta) yra 1367 W/m². Saulės išspinduliuojamos energijos kitimas, manoma, susijęs su Saulės medžiagos cirkuliacija. Jai būdingi palyginti ramūs ir audringi laikotarpiai – tai visa apimanti Saulės aktyvumo kaita (žr. 27 klausimą).
Kita teorija, kurios autorius serbų matematikas ir astrofizikas Milutinas Milankovičius (1879–1958), Žemės klimato svyravimus susieja su Žemės judėjimu Saulės sistemoje ir sukimusi apie savo ašį. Ji teigia, kad Saulės bendrosios insoliacijos ties viršutine atmosferos riba svyravimai susiję su periodiškai kintančiu Žemės sukimosi ašies polinkiu į orbitos plokštumą, ekscentricitetu ir Žemės ašies precesija. Šiuos pokyčius lemia Mėnulio ir kitų Saulės sistemos planetų, ypač Jupiterio, trauka. Žemės orbitos parametrai yra tiksliai nustatyti 30 mln. metų į praeitį ir milijoną metų į ateitį.
Žemės sukimosi ašies polinkis į orbitos plokštumą (kampas tarp statmens į orbitos plokštumą ir Žemės sukimosi ašies), kuris dabar lygus 23° 26´, lėtai periodiškai svyruoja tarp 21° 58´ ir 24° 36´. Svyravimo periodas apytikriai yra 41 tūkst. metų. Pasikeitus Žemės ašies polinkio kampui, vidutinėse ir poliarinėse platumose padidėja žiemos ir vasaros temperatūros skirtumas, nes Saulės aukštis virš horizonto vasarą padidėja, o žiemą sumažėja. Be to, padidėjęs Žemės ašies polinkis vasarą sušvelnina tarpplatuminius Saulės spinduliuotės ir oro temperatūros Žemėje skirtumus, paveikia atmosferos ir vandenyno cirkuliaciją.
Ekscentricitetas (*e*) apibūdina Žemės ar kitos planetos orbitos elipsiškumą (apskritiminės orbitos $e = 0$). Orbitos ekscentricitetas nuolat cikliškai kinta – amplitudė nuo 0,001 iki 0,0658. Svarbiausių ciklų trukmė yra 100 tūkst., 420 tūkst. ir 1,2 mln. metų. Skriedama aplink Saulę dėl orbitos ekscentriciteto Žemė būna nuo jos nutolusi nevienodu atstumu. Dabar Žemės nuotolis iki Saulės kinta nuo 152,1 mln. km liepos 4–6 dienomis iki 147,1 mln. km sausio 2–5 dienomis. Sausį Žemė yra arčiausiai Saulės (Žemės orbitos perihelyje), todėl Saulės insoliacija yra 6,9 % stipresnė nei liepą, kai Žemė yra toliausiai nuo Saulės (orbitos afelyje). Šis skirtumas didėjant ekscentricitetui gali pasiekti 26 % Saulės konstantos.



Periodiškai kintantys Žemės orbitos parametrai ir pasikartojantys ledynmečiai. Pilki ruožai paveikslo apačioje žymi šiltus tarpledynmečius, o tarpai tarp jų – ledynmečius (Centre for Ice and Climate duomenimis, Kopenhagos universitetas)

Saulės spinduliuotės prietaka į Žemę priklauso ir nuo Žemės ašies precesijos apie statmenį į orbitos plokštumą. Precesiją sukelia Žemę veikianti Mėnulio ir kitų Saulės sistemos planetų trauka. Precesijos periodas yra apie 23 tūkst. metų. Dėl precesijos kinta lygiadienių ir saulėgrįžų taškų vietos Žemės orbitoje. Jie per metus pasislenka 50″ priešinga kryptimi nei Žemės judėjimas orbitoje ir gali atsidurti bet kurioje orbitos vietoje, o į tą pačią vietą grįžta maždaug kas 23 tūkst. metų. Precesijos reikšmė klimatui tuo svarbesnė, kuo didesnis Žemės orbitos ekscentricitetas. Jei orbitos elipsė labai ištįsusi (*e* didelis), Saulės spinduliuotės prietaka į aukštąsias Žemės platumas afelyje ir perihelyje vasarą gali skirtis net iki 30 %. Todėl silpnos insoliacijos laikotarpiai (vasaros sezonai) sutampa su senaisiais Europos ledynmečiais, nes jei vasara vėsi, nespėja ištirpti per žiemą susikaupęs sniegas.
Bendra visų trijų orbitos parametrų įtaka Saulės insoliacijos intensyvumui parodyta paveiksle.

Ar žinote, kad…

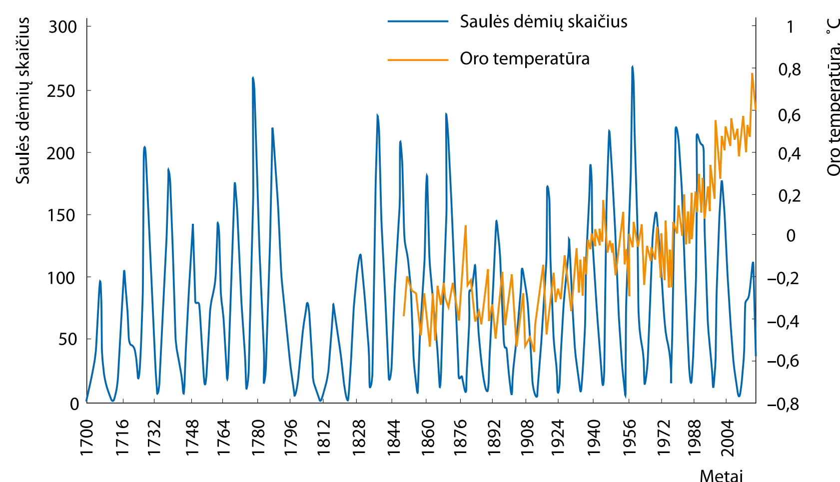
- Prieš 4 mlrd. metų Žemės ašies polinkis buvo tik 12°, o apie savo ašį Žemė sukosi greičiau – para truko apie 22 valandas.
- Per artimiausius 20–30 tūkst. metų Žemės ašies polinkis ir orbitos ekscentricitetas mažės, todėl klimatas nežymiai atvės (tik po 20 tūkst. metų!).

27 Ar dabartinius klimato pokyčius galima paaiškinti Saulės aktyvumo kaita?

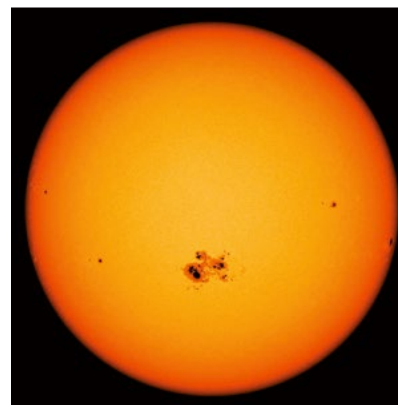
Faktas

Per minutę Žemę pasiekiantis Saulės energijos kiekis patenkintų metinius visos žmonijos energetinius poreikius.

Žemės paviršių pasiekiančios Saulės energijos kiekis nuolat kinta. Jis priklauso nuo atstumo tarp Žemės ir Saulės – sausio mėnesį šis atstumas būna mažiausias, liepą didžiausias – ir nuo Saulės aktyvumo ciklų. Apie Saulės aktyvumą dažnai sprendžiama pagal dėmių jos paviršiuje skaičių. Dėmės – tamsūs netaisyklingos formos Saulės paviršiaus plotai. Saulės dėmių skersmuo gali siekti keliasdešimt tūkstančių kilometrų. Dėmės yra tamsios, nes jos vėsesnės negu jas supantis Saulės paviršius. Saulės dėmės formuojasi dėl to, kad kai kuriose paviršiaus vietose magnetinis laukas pristabdo vertikalų plazmos maišymąsi, todėl šie plotai atvėsta. Saulės dėmių skaičius pasižymi cikliškumu – joms būdingi 11, 22, 90 metų ir ilgesni ciklai. Šis cikliškumas susijęs su Saulės magnetiniu lauku, kuris tokiais laiko intervalais keičia savo poliarizaciją.



Saulės dėmių skaičiaus pokyčiai 1700–2016 metais (SIDC duomenimis). Vidutinė ryškiausio ciklo trukmė 11,1 metų. Didėjimo trukmė 4,8, mažėjimo – 6,2 metų. Metinis Saulės dėmių skaičiaus maksimumas buvo užfiksuotas 1957 metais. Vidutinės globaliosios oro temperatūros anomalijų kaita 1850–2016 metais (Jungtinės Karalystės klimato tyrimų centro duomenimis)



Šioje JAV agentūros NASA nuotraukoje matyti Saulės dėmės

Procesai Žemės atmosferoje dažnai siejami su Saulės aktyvumu. Nustatyta, kad didžiausio Saulės aktyvumo metais, kai pastebima daugiausia tamsių dėmių, Žemės atmosferą pasiekiantis Saulės energijos kiekis yra 0,1 % didesnis nei vidutiniškai. Nors Saulės dėmės yra vėsesnės ir išspinduliuoja mažesnį energijos kiekį, temperatūra jų pakraščiuose didesnė už vidutinę Saulės paviršiaus temperatūrą. Be to, dėl magnetinio lauko poveikio į aplinką išmetamas didesnis materijos ir energijos kiekis, todėl bendras Saulės spinduliuotės intensyvumas visame elektromagnetinių bangų spektre padidėja.

Daugelis mokslinių tyrimų patvirtina, kad Saulės aktyvumo svyravimai yra vienas svarbiausių gamtinių veiksnių, kurie lemia Žemės klimatą. Pavyzdžiui, 1645–1715 metais, vadinamojo Maunderio minimumo metu, buvo stebimas itin mažas Saulės aktyvumas, kuris sutapo su šalto klimato laikotarpiu. Neretai globaliosios oro temperatūros svyravimus ir instrumentinių matavimų laikotarpiu galima paaiškinti Saulės aktyvumo kaita. Tačiau XX amžiaus antrojoje pusėje ir XXI amžiaus pradžioje tokio ryšio nepastebima – Saulės aktyvumas mažėja, o globalioji oro temperatūra didėja. Tad aiškėja, kad klimato sistemos pokyčius daugiausia lemia kiti veiksniai.

Tyrimų rezultatai rodo, kad tik tada, kai į klimato modeliavimą įtraukiamas antropogeninis poveikis klimato sistemai, daugiausiai siejamas su atmosferos cheminės sudėties kaita, modeliai gana tiksliai atspindi praeityje vykusius klimato svyravimus. Taigi galima teigti, kad tik maža dalis šiuolaikinės klimato kaitos yra Saulės aktyvumo pokyčių pasekmė.

Ar žinote, kad…

- Pirmieji Saulės dėmes dar 364 metais prieš Kristų pastebėjo Senovės Kinijos astronomai.
- Saulės dėmių skaičius dažnai vadinamas Volfo skaičiumi. Šis dydis pavadintas šveicarų astronomo Johano Volfo (Johann Wolf; 1816–1893), kuris sukūrė formulę, pagal kurią apskaičiuojamas Saulės paviršiuje matomų dėmių skaičius, vardu.

28 Kaip ugnikalnių išsiveržimas lemia temperatūros pokyčius?

Faktas
Didžiausia vulkaninės kilmės aerozolio dalelių koncentracija yra stratosferoje, 18–20 km aukštyje.

Vulkanizmas – svarbus ir galingas veiksnys, lemiantis ilgalaikes orų anomalijas ir klimato svyravimus. Kuo aukščiau išmetamos vulkaninės medžiagos, tuo ilgiau jos išsilaiko. Ilgalaikes orų anomalijas ir klimato svyravimus gali sukelti tik tokie ugnikalnių išsiveržimai, kai smulkiosios (1–10 μm dydžio) aerozolio dalelės išmetamos aukščiau nei 15 kilometrų. Smulkiąsias daleles oro tėkmės išsklaido aplink visą Žemės rutulį, stratosferoje jos gali išbūti kelerius ar net keliolika metų.

Manoma, kad aerozolis klimatui daro vėsinamą poveikį, nes pastebėta, kad po sprogiųjų ugnikalnių išsiveržimų, kai į stratosferą išmetama dešimtys kubinių kilometrų pelenų, globalioji oro temperatūra priežeminiame atmosferos sluoksnyje nukrinta net 0,2–1,5 °C. Taip įvyko po Lakio (1783), Tamboros (1815), Krakatau (1883), El Čičono (1982), Pinatubo (1991) ugnikalnių galingų išsiveržimų.

Į stratosferą patekusios aerozolio dalelės atspindi, sklaido ir sugeria Saulės spinduliuotę, be to, dar sugeria Žemės paviršiaus skleidžiamą ilgabangį spinduliavimą. Įšilusios jos pačios ima spinduliuoti ir keisti atmosferos bei Žemės paviršiaus energijos pusiausvyrą. Saulės ir Žemės paviršiaus spinduliuojamos energijos sugėrimas vyksta stratosferoje, tad ugnikalniams išsiveržus temperatūra čia pakyla 1–2 °C. Kokio efekto – temperatūros didėjimo ar mažėjimo – sulaukiame prie Žemės paviršiaus, priklauso nuo kelių veiksnių.

Padidėjus aerozolio dalelių koncentracijai, atmosfera į kosmosą atspindi daugiau Saulės spinduliuotės ir temperatūra troposferoje sumažėja. Tačiau aerozoliai sugeria ir ilgabangį Žemės skleidžiamą spinduliavimą, todėl galutinis aerozolio dalelių sukeliamas vėsinamasis efektas susilpnėja 15–25 %.

Labai svarbus netiesioginis aerozolio dalelių virtimas kondensacijos branduoliais. Kuo daugiau kondensacijos branduolių, tuo daugiau susidaro plunksninių arba vidurinio aukšto smulkialašelinių debesų. Kai debesuotumas didesnis, daugiau Saulės spinduliuotės atspindima atgal į kosmosą ir oro temperatūra po debesimis sumažėja.

Pastaraisiais metais mokslininkai nustatė, kad atšilimą ar atvėsimą lemia stratosferos aerozolio dalelių kiekis ir Žemės paviršiaus atspindėta spinduliuotė. Vulkaninio aerozolio poveikį klimatui gali koreguoti ir kiti veiksniai: geografinė ugnikalnių padėtis, metų laikas, atmosferos cirkuliacija jų išsiveržimo metu. Po serijos ugnikalnių išsiveržimų keliolika metų trunkantis atmosferos drumstumas gali paveikti vandenyno srovių cirkuliaciją ir poliarinių ledų laukus.



Pinatubo ugnikalnio Filipinuose išsiveržimas 1991 metų birželio 12 dieną (D. Harlow nuotrauka). Pelenų stulpas siekė 34 km aukštį, sieros junginių debesys pasklido pusiaujo juostoje aplink visą Žemės rutulį, globalioji oro temperatūra nukrito 0,5 °C

Geologinėje praeityje ugnikalniai turėjo daug įtakos susidarant atmosferai ir jos cheminei sudėčiai. Ugnikalnių išmetamose dujose gausu sieros dioksido, CO_2, vandens garų, chloro, metano, azoto, vandenilio, sieros vandenilio, įvairių rūgščių bei amoniako lašelių, anglies (suodžių) ir kitų dalelių. Joms reaguojant tarpusavyje arba su atmosferos dulkėmis ir vandeniu susidaro kiti junginiai, pavyzdžiui, sulfatai, druskos ir sieros rūgštys, ardomas ozonas.

Vulkanologijos mokslas kol kas negali atsakyti į klausimą, kada išsiverš koks nors aktyvus ugnikalnis, į kokį aukštį ir kiek jis išmes aerozolio dalelių. Todėl klimato prognozės nėra labai tikslios, sunkėja klimato modeliavimas.

Ar žinote, kad…

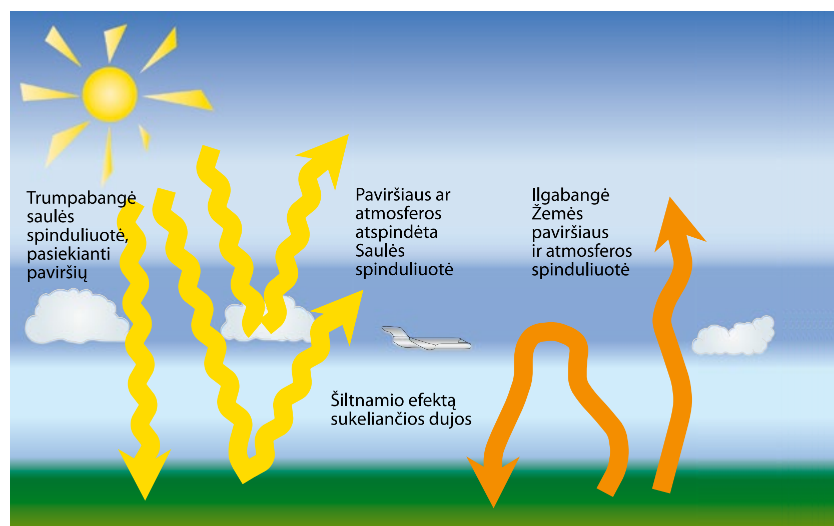
- Ugnikalniai per metus į atmosferą išmeta 800–2200 mln. tonų aerozolio dalelių.
- Didžiausias per pastaruosius 25 mln. metų buvo Tobos ugnikalnio išsiveržimas Indonezijoje, Sumatros saloje. Dabar Tobos ugnikalnio kalderoje telkšo Tobos ežeras. Tai įvyko maždaug prieš 70 tūkst. metų. Iš viso buvo išmesta apie 2800 km^3 vulkaninės medžiagos – tūkstančius kartų daugiau nei įprastai ugnikalniui išsiveržiant. Net šešerius metus tęsėsi „vulkaninė žiema" – globalioji oro temperatūra buvo 3–3,5 °C žemesnė, tai galėjo lemti daugelio gyvūnų ir augalų rūšių išnykimą.

29 Kaip Žemėje susidaro šiltnamio efektas?

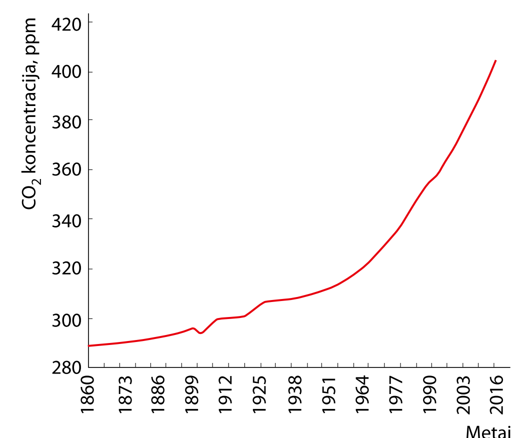
Faktas

Antropogeninės kilmės šiltnamio efektą sukeliančios dujos atmosferoje išliks net ir tada, jei jų emisija visiškai nutrūks (tai labai mažai tikėtina). Emisijai nutrūkus, šių dujų koncentracija mažėtų labai iš lėto.

Šiltnamio efektas – tai šiluminės energijos sulaikymas atmosferoje, vykstantis dėl kai kurių į atmosferos sudėtį įeinančių dujų savybės praleisti trumpabangius Saulės spindulius bei sugerti ilgąsias Žemės paviršiaus spinduliuojamas bangas. Todėl oras prie Žemės paviršiaus įšyla. Tokiomis savybėmis pasižyminčios dujos vadinamos šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis (ŠESD).
Svarbiausios iš jų yra vandens garai (H_2O), anglies dioksidas (CO_2), metanas (CH_4), azoto suboksidas (N_2O), trijų grupių fluorintos dujos – hidrofluorangliavandeniliai (HFC), perfluorangliavandeniliai (PFC) ir sieros heksafluoridas (SF_6). Dar vienos antropogeninės kilmės ŠESD yra chlorfluorangliavandeniliai (CFC), tačiau dėl ozono sluoksniui daromo poveikio jų išmetimas į atmosferą buvo labai apribotas 1987 metais pasirašius Monrealio protokolą. CFC emisija nuo to laiko sumažėjo daugiau nei penkis kartus (pramoniniuose įrenginiuose šios dujos buvo pakeistos mažiau kenksmingomis), o jų koncentracija ore taip pat pradėjo nežymiai mažėti.



Šiltnamio efektas (JAV aplinkos apsaugos departamento duomenimis)



CO_2 kiekio atmosferoje kaita 1860–2016 metais (CDIAC duomenimis). *Iki 1958 metų remtasi ledo dangos kiekiu, vėliau Havajų Mauna Loa matavimų stoties duomenimis*

Jei Žemės negaubtų atmosfera, vidutinė planetos paviršiaus temperatūra apytiksliai būtų lygi –18,6 °C. Atmosfera sugeria didelę dalį Žemės paviršiaus spinduliuojamos energijos, o dalį jos vėl grąžina, tad Žemės paviršiaus temperatūra pakyla iki 14,9 °C. Šis 33,5 °C skirtumas susidaro dėl vadinamojo natūralaus šiltnamio efekto. Dėl ŠESD ir debesų poveikio atmosferoje susidaro į Žemę nukreiptas apie 150 W/m² energijos srautas. Apie 50 % šio srauto lemia vandens garai, 25 % – debesys, 20 % – CO_2 ir 5 % – kitos ŠESD. Šių dujų koncentracijai didėjant, į Žemę nukreiptas energijos srautas (t. y. šiltnamio efektas) stiprėja ir globalioji oro temperatūra didėja. ŠESD daromas energinis poveikis Žemės paviršiui nuo 1990 iki 2016 metų padidėjo net 40 %.
XVIII amžiaus pabaigoje CO_2 koncentracija atmosferoje buvo lygi 280 ppm. Tačiau nuo XIX amžiaus pradžios, suintensyvėjus ūkinei veiklai, atmosferos sudėtis pradėjo keistis. 2016 metais CO_2 koncentracija peržengė simbolinę 400 ppm ribą. Be to, CO_2 koncentracija didėja eksponentiškai, 2016 metais ji padidėjo net 3,36 ppm.
Dėl žmogaus ūkinės veiklos CO_2 į atmosferą patenka daug daugiau, nei geba absorbuoti ir sukaupti sausuma bei Pasaulinis vandenynas. Nors CO_2 gerai tirpsta vandenyje, tačiau jo sugėrimą lemia paviršinio vandens sluoksnio vertikaliosios sąmaišos sparta. Sausumos ekosistemose daug CO_2 suvartoja augalai (fotosintezės metu), tad jo įsisavinimas galėtų dar padidėti, nes didesnis CO_2 kiekis atmosferoje lemia ir spartesnį šias dujas sugeriančios biomasės didėjimą. Deja, dėl žmogaus veiklos (miškų kirtimo, ariamų plotų plėtimo) mažėja galimybės sugerti ir kaupti (medienoje bei dirvoje) anglies dioksidą. Todėl visi be išimties klimato modeliai ateityje prognozuoja CO_2 koncentracijos atmosferoje didėjimą. Skiriasi tik numatomų pokyčių greitis.

Ar žinote, kad…

- Nuo 1750 metų žmonija į atmosferą išmetė daugiau nei 600 gigatonų anglies dioksido. Vandens masė Baltijos jūroje yra apytiksliai 30 kartų mažesnė.

30 Kaip miškų kirtimas veikia klimatą?

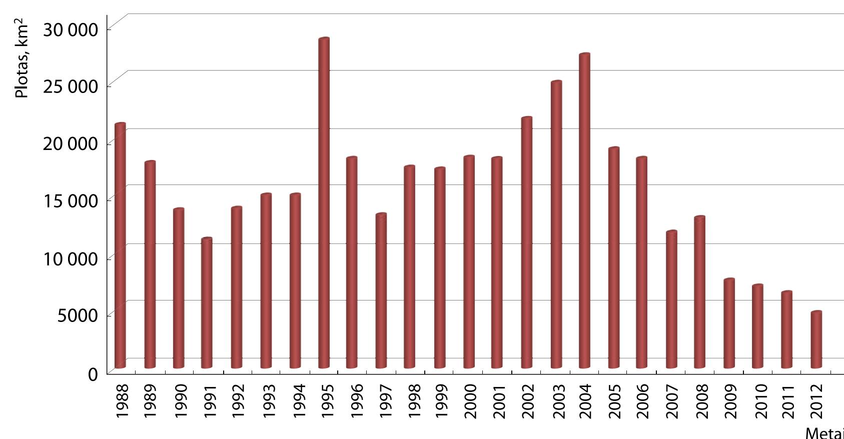
Faktas

Apie 30 % pasaulio sausumos teritorijos dengia miškai. Daugiausia jų yra Rusijos (apie 8,1 mln. km^2) ir Brazilijos (apie 4,9 mln. km^2) teritorijoje.

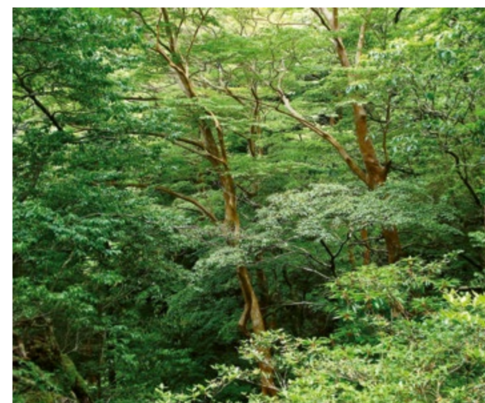
Miškai mums yra labai svarbūs. Juose gyvena milijonai augalų ir gyvūnų rūšių, miškai apsaugo dirvą nuo erozijos, gamina deguonį, sugeria anglies dioksidą, suteikia mums maisto, pastogę, valo orą, kuriuo kvėpuojame, taip pat vandenį, kuris būtinas mums išgyventi. Miškų naikinimas sutrikdo visas šias jų funkcijas, todėl poveikis klimatui yra itin pastebimas.

Pusę dėl žmonių veiklos į atmosferą patenkančio CO_2 sugeria Pasaulinis vandenynas ir sausumos augalija. Vandenynas CO_2 sugeria biogeocheminių procesų metu, o augalija jį naudoja fotosintezei. Augalija sugeria anglį, kuri yra kaupiama bei saugoma fitomasėje, viršutiniame dirvožemio sluoksnyje ar pelkėse. Didėjant ŠESD emisijai didėja ir augalų sugeriamas CO_2 kiekis. Augalams irstant anglis grįžta į atmosferą. Todėl miškai neabejotinai yra svarbūs švelninant klimato pokyčius.

Kertant miškus ne tik mažinamos mūsų planetos galios absorbuoti anglį iš atmosferos. Deginant medieną ar net palikus ją pūti, anglis patenka į atmosferą. Keičiant žemėnaudą, pavyzdžiui, miško žemes pradėjus naudoti žemės ūkiui, dažniausiai į atmosferą patenka ir daug dirvožemyje sukauptos anglies. Taip pat daug anglies į atmosferą patenka sausinant šlapynes. Yra apskaičiuota, kad dėl miškų kirtimo ir žemėnaudos pokyčių kasmet į atmosferą patenka apie



Drėgnųjų Amazonės miškų kirtimo tempai 1988–2012 metais (INPE duomenimis, 2012)



Drėgnieji atogrąžų miškai
(„Pixabay“ nuotrauka)

15 % daugiau anglies dioksido. Nors žemės ūkio kultūriniai augalai taip pat sugeria CO_2, tačiau miškuose anglies sankaupos būna iki 100 kartų didesnės.

Todėl labai svarbu išsaugoti mišką nepaliestą. Be to, reikia pasakyti, kad besikeičiančio klimato sąlygomis mišką gali paveikti didėjantis gaisringumas, plintančios ligos ar nauji kenkėjai.

Ypač svarbu išsaugoti drėgnuosius atogrąžų miškus. Nors vidutinėse platumose esančių miškų, daugiausia Rusijoje ir Kanadoje, plotai didesni, tačiau daugiau CO_2 sugeria atogrąžų miškai. Be to, jų kirtimas ne tik didina ŠESD koncentraciją, bet ir tiesiogiai veikia daugelio pasaulio dalių klimatą. Remiantis globalaus klimato modeliais, iškirtus Amazonės atogrąžų miškus, sumažėtų kritulių kiekis JAV Vidurio Vakaruose bei Šiaurės Rytų Kinijoje. Jei nebeliktų Centrinės Afrikos miškų, kritulių kiekis sumažėtų Pietų Europoje, o iškirtus Pietryčių Azijos miškų masyvus, gali pradėti daugiau lyti Pietų Europoje ir Arabijos pusiasalyje.

Be to, atogrąžų miškai vėsina virš jų pačių esantį orą, nes milžiniškas energijos kiekis sunaudojamas vandeniui garinti. Tyrimai rodo, kad jei visi atogrąžų miškai būtų iškirsti, globalioji oro temperatūra padidėtų 0,7 °C. Labai svarbu prisiminti, kad drėgnieji atogrąžų miškai veikia kaip uždara sistema. Pavyzdžiui, iškirtus maždaug pusę Amazonės miškų, būtų pažeistas pačios sistemos funkcionavimas ir, sumažėjus kritulių kiekiui, miškai pradėtų nykti patys, net jei žmogus į šį procesą ir nesikištų.

Nepaisant pasaulinės bendruomenės pastangų, miškų plotai vis mažėja. Pagrindinės miškų kirtimo priežastys – gyventojų daugėjimas ir žemės ūkio naudmenų bei biokuro poreikio didėjimas. Daugiausia miškų vidutinių platumų zonoje kertama Rusijoje, Kanadoje ir JAV, o atogrąžose – Brazilijoje, Indonezijoje ir Kongo Demokratinėje Respublikoje. Laimei, Amazonės džiunglių ateitis nėra tokia liūdna – pastaraisiais metais jų iškertama gerokai mažiau. Šios tendencijos pastebimos visame pasaulyje. Jungtinių Tautų duomenimis, 2010–2015 metais miškų plotai kasmet mažėdavo po 0,08 % – dvigubai lėčiau nei XX amžiaus pabaigoje (0,18 % kasmet).

Ar žinote, kad…

- Suriname miškai dengia daugiau kaip 95 % šalies teritorijos, o Katare miškų visai nėra.
- 2016 metų pradžioje miško žemės užėmė 33,5 % Lietuvos teritorijos. Didžiausią plotą užėmė spygliuočiai – 55,8 %, o lapuočiai – 44,2 % visų miškų.

31 Kokie yra šiltnamio efektą sukeliančių dujų šaltiniai?

Faktas

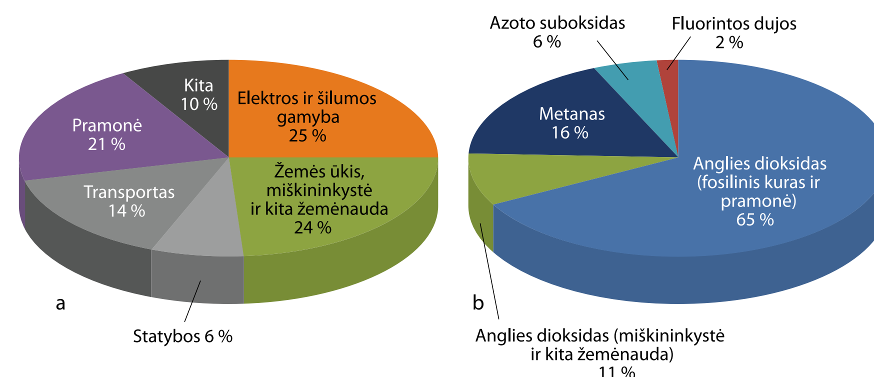
Dėl žmonijos ekonominio vystymosi ir gyventojų skaičiaus didėjimo šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracija atmosferoje didesnė nei bet kada per paskutinius 800 tūkst. metų.

Svarbiausios šiltnamio efektą sukeliančios dujos (ŠESD) – vandens garai, anglies dioksidas, metanas, azoto suboksidas ir fluorintos dujos. Pačių gausiausių iš jų – vandens garų – koncentracija nėra tiesiogiai susijusi su žmogaus ūkine veikla, tačiau didėjant globaliajai oro temperatūrai šių dujų kiekis taip pat gali padidėti. Tai yra vienas klimato sistemos grįžtamųjų ryšių. Vandens garų koncentracija atmosferoje labai kinta ir priklausomai nuo temperatūros svyruoja diapazone nuo 10–50 000 ppm.

Kitų ŠESD koncentraciją atmosferoje daugiausia lemia žmogaus veikla. Daugiausia ŠESD į aplinką patenka gaminant elektros energiją ir šilumą – 25 %, pramonė jų išskiria 21 %, transportas – 14 %. Dar 24 % šių dujų emisijos siejama su žemės ūkiu ir žemėnaudos pokyčiais. 2015 metais Lietuvoje daugiausia ŠESD išmetė energetikos (30 %) ir transporto sektorius (25 %), mažiau – žemės ūkis (23 %), pramonė (17 %) ir atliekų sektorius (5 %).

Daugiausia rūpesčių kelia CO_2 koncentracijos didėjimas. 2017 metų pradžioje šių dujų koncentracija atmosferoje buvo 406 ppm. CO_2 koncentracija atmosferoje didėja deginant fosilinį kurą (87 %), gaminant cementą (4 %) bei dėl miškų kirtimo ir kitų žemėnaudos pokyčių (9 %), mažinančių absorbcines planetos galias.

Antropogeninės kilmės metanas į atmosferą patenka išgaunant, transportuojant, perdirbant ir deginant fosilinį kurą (33 %), taip pat plėtojant gyvulininkystę (gyvuliams atrajojant, be to, jo yra mėšle; 27 %) bei auginant ryžius (ryžių laukuose metanas gaminasi pūvant organinėms medžiagoms; 9 %), jo išsiskiria sąvartynuose pūvant organinėms atliekoms (16 %) ar deginant biomasę (11 %). Nemažai metano į aplinką patenka sausinant pelkes ar tirpstant nuolatiniam įšalui. Nors metano koncentracija ore daug mažesnė (1,8 ppm), tačiau jo globalaus atšilimo potencialas per 100 metų yra 28–36 kartus didesnis nei anglies dioksido. Kitaip tariant, viena į orą patekusi metano dujų tona daro 28–36 kartus didesnį poveikį formuojant šiltnamio efektą nei viena CO_2 tona. ŠESD vienos nuo kitų skiriasi savo gebėjimu sugerti Žemės spinduliuotę bei išsilaikymo atmosferoje trukme. Globalaus atšilimo potencialas skaičiuojamas atsižvelgiant į abi šias savybes. Išsilaikymo trukmė yra laikas, per kurį į atmosferą dėl antropogeninio



Šiltnamio dujų emisija 2010 metais (pagal ekonomikos sektorius (a) *ir pagal atskiras šiltnamio dujas* (b), *įvertinus globalaus atšilimo potencialą) (IPCC duomenimis, 2014)*

poveikio patekę teršalai iš jos pašalinami cheminių virsmų metu arba sugeriami. Nors metanas iš atmosferos pasišalina greičiau negu CO_2, tačiau jis sugeria daug daugiau Žemės paviršiaus spinduliuotės.

Azoto suboksidas pasižymi dar didesniu globalaus atšilimo potencialu. Per šimto metų laikotarpį jis 265–298 kartus didesnis nei anglies dioksido. Pagrindiniai antropogeniniai azoto suboksido šaltiniai yra žemės ūkis (gyvulininkystė ir trąšos; 67 %), fosilinio kuro deginimas ir pramoninė gamyba (10 %), taip pat biomasės deginimas (10 %). Šių dujų koncentracija atmosferoje – apie 0,3 ppm.

Fluorintų ŠESD koncentracija yra itin maža, tačiau jų globalaus atšilimo potencialas dar didesnis ir tūkstančius ar net dešimt tūkstančių kartų viršija CO_2 potencialą. Beveik visos fluorintos dujos yra vien tik antropogeninės kilmės ir į aplinką patenka pramoninių procesų metu. Hidrofluorangliavandeniliai (sudaro 91 % visų fluorintų dujų) naudojami šaldikliuose, oro kondicionieriuose, gesintuvuose ir aerozoliniuose balionėliuose. Perfluorangliavandeniliai (6 %) į aplinką patenka aliuminio ir puslaidininkių gamybos metu. Sieros heksafluoridas daugiausiai naudojamas elektros prietaisų gamyboje.

Įvertinus globalaus atšilimo potencialą (per 100 metų laikotarpį) paaiškėjo, kad CO_2 sudaro 76 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų, metanas – 16 %, azoto suboksidas – 6 % ir fluorintos dujos – 2 %.

Ar žinote, kad…

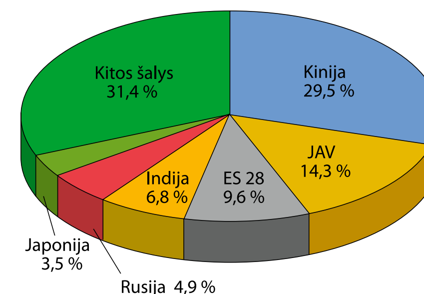
- Apie pusę visos istorinės ŠESD emisijos, kurią lėmė žmogaus veikla, tenka pastariesiems 40 metų.
- Apie 40 % CO_2, kurį žmonija nuo 1750 metų išleido į atmosferą, liko joje, o kita dalis buvo sugerta ir sukaupta gamtinėse anglies „talpyklose" (miškų medienoje, vandenynuose).

32 Kurios šalys labiausiai teršia klimatą?

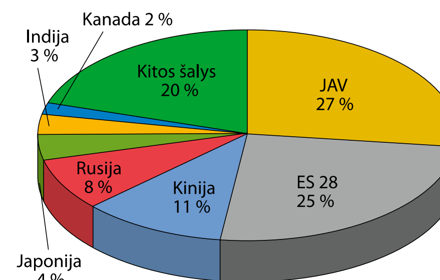
Faktas

Nepaisant pasaulinės bendruomenės pastangų, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisija nemažėja. Per pastaruosius 20 metų CO_2 į orą kasmet išmetama vidutiniškai 2,2 % daugiau nei ankstesniais metais.

Kadangi klimatą labiausiai teršia šiltnamio efektą sukeliančios dujos (ŠESD), tai į klausimą, kurios šalys labiausiai teršia klimatą, galima atsakyti trimis būdais. Pirmiausia galima apskaičiuoti kiekvienos valstybės indėlį į bendrą kasmetinę ŠESD emisiją bei ŠESD kiekį, kurį į aplinką vidutiniškai išmeta vienas konkrečios šalies gyventojas. Tokiu būdu galima palyginti skirtingo dydžio valstybių indėlį. Taip pat labai svarbu įvertinti, kokia yra atskirų šalių suminė emisija per visą laikotarpį nuo industrializacijos pradžios, kadangi dabartinė ŠESD koncentracija atmosferoje yra ne vien tik pastarųjų metų žmogaus ūkinės veiklos pasekmė. Dažniausiai vertinamos CO_2 emisijos, nes tai pagrindinės ŠESD, sudarančios apie tris ketvirtadalius visos dujų emisijos.
Iki 2005 metų daugiausia CO_2 išmesdavo JAV. Tačiau vėliau į priekį išsiveržė Kinija – vis didėjanti šios šalies dalis 2015 metais sudarė beveik trečdalį visos emisijos. Kinija šiuo metu daugiau nei dvigubai lenkia JAV, kurių emisija pastaraisiais dešimtmečiais kito nedaug, o po 2008 metų ekonominės krizės netgi sumažėjo. Visų 28 Europos Sąjungos valstybių emisija 2015 metais sudarė beveik 10 %, o pastaraisiais metais ji mažėja. Didžiausia teršėja iš Europos Sąjungos valstybių yra Vokietija (2,2 %), Lietuva 2015 metais užėmė 96 vietą pasaulyje (jos emisija siekė 0,035 %).
Kiek kitoks vaizdas susidaro perskaičiavus emisiją, tenkančią vienam gyventojui. Pirmajame dešimtuke daugiausia šalių, kurios vykdo iškastinio kuro gavybą ar perdirbimą. Šios veiklos metu į aplinką patenka labai didelis CO_2 kiekis. Septintoje vietoje 2013 metais buvęs Liuksemburgas pirmauja tarp Europos valstybių, nedaug atsilieka ir Estija. Liuksemburge didelis elektros energijos, daugiausia gaunamos iš dujų ar anglies, kiekis yra sunaudojamas plienui gaminti, o Estijoje energijos gamybai naudojami vietoje išgaunami klimatą itin teršiantys degieji skalūnai. JAV šiame reitinge užėmė devintą vietą, tačiau vienam jų gyventojui perskaičiuota emisija vis dar daugiau nei dvigubai buvo didesnės už kitos didžiausios teršėjos pasaulyje – Kinijos. Labai daug gyventojų turinčioje Indijoje, kurioje taip pat vyksta spartūs industrializacijos procesai, emisija, tenkanti vienam gyventojui, santykinai kol kas yra labai maža. Lietuva pagal šį rodiklį liko 80 vietoje.



ŠESD emisija 2015 metais (Europos komisijos Jungtinio tyrimų centro duomenimis). Dalis „Kitos šalys" apima ir išmetamų ŠESD kiekį tarptautinėje aviacijoje bei laivyboje (3,2 %)



Suminė ŠESD emisija 1850–2011 metais (Pasaulio išteklių instituto duomenimis)

Lentelė. CO_2 emisija vienam gyventojui (t) 2013 metais (Pasaulio banko duomenimis)

Vieta	Šalis	Tonos vienam gyventojui
1	Kataras	40,5
2	Trinidadas ir Tobagas	34,5
3	Kuveitas	27,3
4	Bahreinas	23,7
5	Brunėjus	18,9
6	Liuksemburgas	18,7
7	Jungtiniai Arabų Emyratai	18,7
8	Saudo Arabija	17,9
9	JAV	16,4
10	Australija	16,3
14	Estija	15,1
41	Kinija	7,6
80	Lietuva	4,3
131	Indija	1,6

Sunku tiksliai apskaičiuoti, koks yra kiekvienos šalies indėlis į suminę viso industrinio laikotarpio emisiją, tačiau, Pasaulio išteklių instituto duomenimis, net 27 % visos CO_2 emisijos 1850–2011 metais sudarė išmetimai JAV, nedaug atsilieka dabartinės Europos Sąjungos šalys (25 %), o Kinija šiame sąraše kol kas tebėra trečioje vietoje (11 %) ir gana nedaug lenkia Rusiją (8 %). Ko gero būtent šioms šalims turėtų tekti ir didžiausia finansinė našta sprendžiant klimato kaitos problemas.

Ar žinote, kad…

- CO_2 emisija Kinijoje 2000–2015 metais padidėjo beveik tris kartus, o Indijoje daugiau nei du kartus.

33 Kodėl kyla Pasaulinio vandenyno lygis?

Faktas
Per pastarąjį šimtmetį Pasaulinio vandenyno lygis kilo greičiau nei bet kada per paskutinius tris tūkstančius metų.

Milijonus metų vandenyno lygis kilo ir krito, tačiau beveik niekada pokyčiai nevyko taip intensyviai kaip pastaraisiais dešimtmečiais. Ir niekada anksčiau vandenyno lygis nekito dėl žmogaus veiklos. Globalūs klimato pokyčiai yra pagrindinė ir šiuo metu ko gero vienintelė priežastis, dėl kurios kyla vandenyno lygis.

Vandenyno lygio kaitą galima skirstyti į trumpalaikius svyravimus ir ilgalaikius pokyčius. Trumpalaikiai vandenyno lygio svyravimai – trunkantys nuo kelių minučių iki kelių mėnesių – formuojasi dėl potvynių ir atoslūgių, vėjo režimo pokyčių. Tokius svyravimus gali lemti ir žemės drebėjimų sukeltos cunamio bangos. Ilgalaikiai pokyčiai formuojasi dėl vandens tūrio ir masės pokyčių vandenyne. Vandens masė daugiausia kinta dėl ledynų ir ledo skydų tirpimo, o tūris – ir dėl vandens terminio plėtimosi kylant jo temperatūrai. Tai dvi svarbiausios priežastys, kurios lemia kylantį Pasaulinio vandenyno lygį.

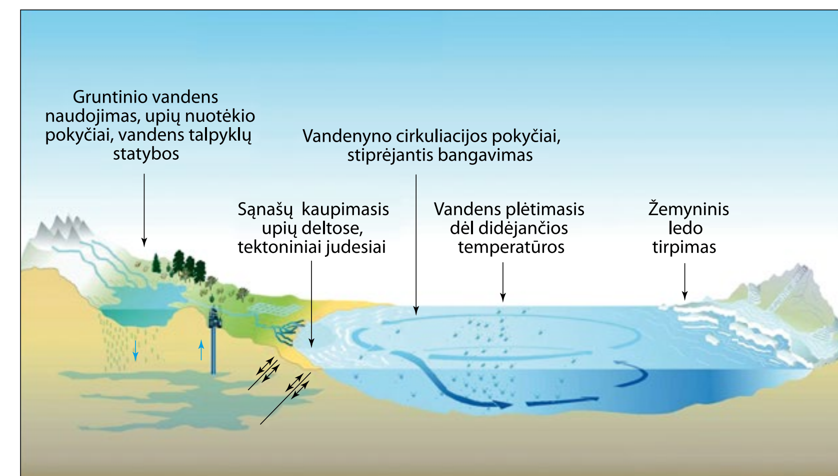
Kylant globaliajai oro temperatūrai sausumoje esantis ledas, daugiausia kalnų ledynai bei ledo skydai, tirpsta, o tirpsmo vanduo suteka į vandenyną. Šis procesas stiprėja, ir jei anksčiau (prasidėjus šiuolaikiniams klimato pokyčiams) ledo tirpsmo vandenys lėmė tik kiek daugiau nei pusę viso vandenyno lygio kilimo, dabar manoma, kad 2005–2011 metais tirpsmo vandenų įtaka siekė net 75 %.

Būtina paminėti, kad dauguma ledynų vasarą nežymiai aptirpsta, o žiemą ant ledyno krintantis sniegas kompensuoja ištirpusio ledo kiekį. Tačiau dėl klimato atšilimo dauguma ledynų vasarą tirpsta greičiau, o žiemą sniego iškrinta mažiau. Todėl ledynų masė mažėja, o vandenyno lygis kyla.

Kalnų ledynų vanduo į vandenyną yra atnešamas sausumos upių, kurių nuotėkis didėja dėl stiprėjančio ledynų tirpsmo. Poliarinių ledo skydų vanduo į vandenyną patenka vasarą susidarančiomis laikinomis vandentėkmėmis, be to, šylant klimatui nuo ledo skydų vis dažniau atskyla stambūs ledo gabalai (ledkalniai). Manoma, kad dalis tirpsmo vandens kaupiasi po ledo skydais, kur jis labai pagerina ledo slydimą į vandenyną. Tokiu būdu ledo skilimo procesas dar labiau sustiprėja. Be to, kylant vandens temperatūrai, pradeda tirpti ir skilinėti milžiniški nuo Antarktidos krantų nutįsę šelfiniai ledynai, kurie taip pat pristabdo ir sausumos ledynų slydimą.

Kita svarbi Pasaulinio vandenyno lygio kilimo priežastis yra terminis vandens plėtimasis. Didėjant vandens temperatūrai, jo tankis mažėja, ir vanduo, kaip ir

← Turinys →



Vandenyno lygio kilimo priežastys *(IPCC duomenimis)*

bet kuris kitas skystis, plečiasi ir užima didesnį tūrį. Apie pusė vandenyno lygio pokyčių XX amžiuje gali būti siejami su terminiu vandens plėtimusi, tačiau pastaraisiais metais, sustiprėjus ledynų tirpsmui, santykinis terminio plėtimosi indėlis sumažėjo.

Vandenyno lygio pokyčiai įvairiose pasaulio vietose skiriasi. Tam didelę įtaką daro vėjo režimo pokyčiai – kinta vandenyno srovių režimas, gali sustiprėti bangavimas ir kita. Upių deltose vandenyno lygis gali kilti dėl besikaupiančių sąnašų. Dėl intensyvaus požeminio vandens naudojimo gausiai apgyvendintose teritorijose sausumos paviršius gali pažemėti, o vanduo – užlieti pakrantės plotus. Vandenyno lygis nežymiai gali sumažėti dėl didelių vandens saugyklų įrengimo sausumoje. Labai svarbūs ir tektoniniai judesiai.

Baltijos jūra yra neatsiejama Pasaulinio vandenyno dalis, nors jos lygio svyravimai pasižymi tam tikromis vien jai būdingomis ypatybėmis. Pavyzdžiui, šiaurinėje Baltijos dalyje jūros lygis krinta po paskutinio ledynmečio atsikuriant litosferos izostazinei pusiausvyrai, t. y. į viršų kyla sausumos paviršius, kurio nebespaudžia ledynas. Lietuvos pakrantei didelę įtaką daro vėjų režimo pokyčiai. Čia vidutinis jūros lygis taip pat kyla dėl vis dažnesnių vakarų vėjų.

Ar žinote, kad…

- Jeigu 4000 m storio vandens stulpas sušiltų vos 1 °C, vandenyno lygis pakiltų apytiksliai 50 centimetrų. Toks vandenyno temperatūros pasikeitimas artimiausiu metu mažai tikėtinas, nes šilumos apykaita su gilesniais vandenyno sluoksniais vyksta labai lėtai. Tačiau šis procesas tęsis net ir tada, jei pavyks sustabdyti globalius oro temperatūros pokyčius. Taigi prasidėję pokyčiai vandenyne vyks daug lėčiau, tačiau truks ilgiau nei atmosferoje.

← Turinys →

34 Kas yra *El Niño* ir koks jo poveikis pasaulio klimatui?

Faktas

Net ir itin sudėtingi šiuolaikiniai modeliai kol kas negali tiksliai prognozuoti nei *El Niño* reiškinio pradžios, intensyvumo ir trukmės, nei jo poveikio masto atskiriems regionams.

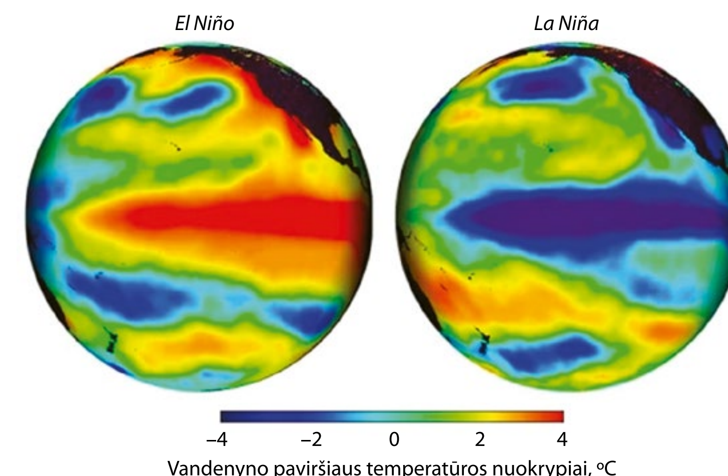
El Niño – tai periodinis vandens temperatūros padidėjimas, vykstantis abipus pusiaujo centrinėje ir rytinėje Ramiojo vandenyno dalyje. *El Niño* metu keičiasi ne tik vandenyno temperatūra, bet ir atmosferos cirkuliacija virš šios vandenyno dalies. Atmosferinis *El Niño* komponentas vadinamas pietų osciliacija. Tai įprasto atmosferos slėgio lauko pasikeitimas Ramiojo vandenyno tropinės zonos rytinėje ir vakarinėje dalyse. Iki šiol priežastys, lemiančios tokius atmosferos slėgio ir vandens temperatūros svyravimus, nėra iki galo aiškios, todėl *El Niño* sunku numatyti iš anksto.

Įprastomis sąlygomis pagal Peru ir Ekvadoro pakrantę iš pietų teka šaltoji Peru srovė – paviršinio vandens temperatūra siekia 22–24 °C. Ties pusiauju, veikiama pasatinių vėjų, ji pasuka į vakarus. Pakrantės zonoje iš gilesnių vandenyno sluoksnių kyla šaltas vanduo, kuris suformuoja gausią mitybinę bazę vystytis jūrinei faunai. Be to, šaltoji Peru srovė lemia žymų pakrantės regiono sausringumo padidėjimą, formuojasi dykumos. Pasatiniai vėjai šiltą paviršinį vandenį gena į vakarinę Ramiojo vandenyno dalį, kur susidaro šilto vandens baseinas (paviršiaus temperatūra siekia 29–30 °C). Jame vanduo būna įšilęs iki 100–200 m gylio, o vandens lygis net iki 60 cm aukštesnis nei rytinėje vandenyno dalyje.

Vykstant *El Niño* atmosferos slėgis krinta rytinėje ir kyla vakarinėje Ramiojo vandenyno dalyje. Prasidėjus šiam reiškiniui pasatai susilpnėja, o susikaupęs šiltas vanduo išsisklaido didžiulėje Ramiojo vandenyno dalyje, kurioje vandens paviršiaus temperatūra keliais laipsniais padidėja. Tuo pat metu padidėja ir vidutinė viso Žemės paviršiaus temperatūra. Peru ir Ekvadoro pakrantėje iš pietų tekančią šaltąją srovę keičia iš vakarų plūstantis šilto vandens srautas. Paviršiuje nebelieka šalto vandens, kuriame gausu maistingųjų medžiagų, dėl to žūsta žuvys. Vakarų vėjai į Pietų Amerikos pakrantės dykumas atneša drėgnas oro mases, o gausūs krituliai lemia potvynių, nuošliaužų ir selių formavimąsi. Tuo metu priešingoje Ramiojo vandenyno pusėje – Australijoje ir Indonezijoje – prasideda sausros, per kurias kyla gaisrai, nukenčia pasėliai, krinta gyvulių bandos.

El Niño poveikis jaučiamas visame pasaulyje. Kintanti oro sraujymių padėtis, uraganų trajektorijos ir besikeičiantis musonų režimas lemia žymius orų pokyčius visoje Žemėje. 1982–1983 metais *El Niño* metu labai stiprios sausros

← Turinys →



Temperatūros anomalijos Ramiojo vandenyno paviršiuje El Niño *ir* La Niña *metu* *(Steve Albers / NOAA duomenimis)*

niokojo Pietų Afriką, Pietų Indiją, Filipinus, o liūtys ir potvyniai siaubė Boliviją ir Kubą. Tai, kad 2015–2016 metai pasaulyje buvo išskirtinai šilti, siejama su 2014–2016 metų *El Niño.*

Šis reiškinys kartojasi kas 3–7 metus. Vidutiniškai jis trunka apie 18 mėnesių, nors kai kada *El Niño* gali būti daug trumpesnis (trukti mažiau kaip metus) ar ilgesnis (trukti kelerius metus iš eilės).

Pasibaigus *El Niño* reiškiniui, orų sąlygos vėl tampa įprastos. Tačiau kai kuriais metais pasatiniai vėjai itin sustiprėja – formuojasi *La Niña*. Šis reiškinys yra priešingas *El Niño*. Tropinėje Ramiojo vandenyno dalyje sustiprėjus pasatinei cirkuliacijai, dideliuose vandenyno plotuose fiksuojama žema paviršinio vandens temperatūra. *La Niña* pasikartoja kas kelerius metus ir dažniausiai trunka 9–12 mėnesių, kartais – iki dvejų metų. *La Niña* gali lemti ir regioninius orų pokyčius (pavyzdžiui, daugiau kritulių iškrinta Australijos pakrantėje), ir reguliuoti vidutinę visos Žemės planetos temperatūrą. Pasaulyje kiek vėsesni 2008 metai siejami su stipriu *La Niña* reiškiniu. Labai stipriai *La Niña* pasireiškė ir 2010 metų antrojoje pusėje.

Kol kas nėra aišku, kaip klimato kaita paveiks *El Niño* ir *La Niña* formavimąsi, tačiau neabejotina, kad jų susidarymo dažnio ir stiprio pokyčiai gali labai pakoreguoti prognozuojamas globalios klimato kaitos tendencijas.

Ar žinote, kad…

- Pietų Amerikos pakrantėje gyvenančius ispanakalbius žvejus jau nuo senų laikų stebindavo kas kelerius metus Kalėdų laikotarpiu pasirodanti šilto vandens srovė. Jie ją pavadino *El Niño* (ispaniškai „kūdikėlis berniukas“). Daug vėliau mokslininkai priešingai šio reiškinio fazei suteikė *La Niña* (ispaniškai „kūdikėlis mergaitė“) vardą.

← Turinys →

Klimato modeliavimas ir prognozavimas

35 Kas yra šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų scenarijai?

Faktas
Tolesnis ŠESD koncentracijos didėjimas lems globalinį atšilimą ir visų klimato sistemos komponentų pokyčius.

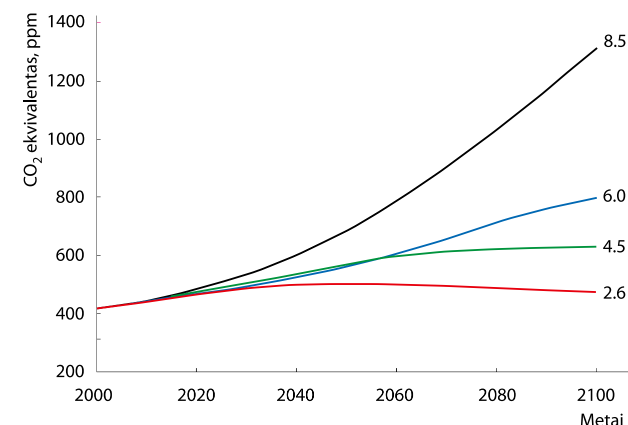
Koks klimatas bus ateityje, daugiausia priklauso nuo šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijos. Nuo emisijos ir nuo to, kaip keisime absorbcines planetos galias, pavyzdžiui, didinsime ar mažinsime miškų plotus, labai priklauso ŠESD koncentracija atmosferoje. Jei ji didės, stiprės ir šiltnamio efektas – vis daugiau spindulinės energijos pasieks paviršių ir stipriau sušils prie pat jo esantis oras. Todėl dabartiniai ŠESD emisijų scenarijai išreiškiami galimu spindulinio poveikio prie Žemės paviršiaus sustiprėjimu, kurio matavimo vienetas yra vatas kvadratiniam metrui (W/m²).

Numatyti ŠESD emisijos ir spindulinio poveikio pokyčius yra labai sudėtinga. Pirmiausia reikia išsiaiškinti, kaip ateityje keisis gyventojų skaičius, kokia bus ekonominė ir socialinė plėtra, energijos suvartojimas, globalizacijos laipsnis, kaip plėtosis technologijos. Itin svarbūs žemėnaudos pokyčiai ir aplinkosaugos priemonės.

Gyventojų skaičiaus kaita bene svarbiausias nežinomasis. Žvelgiant į tolimą ateitį netinka remtis vien dabartiniais pokyčiais. Manoma, kad ekonomikos augimas sulėtins gyventojų skaičiaus didėjimą daugelyje šalių. Nuo gyventojų skaičiaus tiesiogiai priklauso ir energetiniai žmonijos poreikiai. Ekonominė ir socialinė žmonijos raida priklauso tiek nuo ekonomiškai stiprių šalių gebėjimo palaikyti technologinį bei institucinį kūrybinį potencialą, tiek ir nuo kitų šalių gebėjimo perimti ir adaptuoti modernias technologijas ar institucines naujoves.

Labai svarbu, kokie bus pasirašyti, ratifikuoti ir, svarbiausia, įgyvendinti tarptautiniai susitarimai dėl ŠESD emisijos mažinimo.

Todėl Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos iniciatyva parengti galimi ŠESD emisijų scenarijai. Šie scenarijai yra ŠESD tipinės koncentracijos keliai (angl. *representative concentration pathway*, RCP), pagal kuriuos vystantis žmonijai, Žemės paviršius patirtų skirtingą šiltnamio efekto poveikio sustiprėjimą.



XXI amžiuje prognozuojama planetos ŠESD koncentracijos kaita CO_2 ekvivalentu pagal skirtingus RCP scenarijus (RCP Database, *2009*)

Yra išskiriami keturi pagrindiniai ŠESD tipinės koncentracijos keliai: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 ir RCP 8.5 (skaičius rodo ŠESD energinio poveikio padidėjimą W/m² XXI amžiuje, palyginti su ikipramoniniu lygiu).

Pagal optimistinį, arba mažiausius klimato sistemos pokyčius numatantį RCP 2.6 – energetinio poveikio pikas dar prieš 2100 metus bus apie 3 W/m² (~490 ppm ŠESD koncentracija CO_2 ekvivalentu), o iki 2100 metų jis sumažės iki 2,6 W/m². Norint pasiekti tokį energinio poveikio lygį, dabartines ŠESD emisijas būtina gerokai sumažinti. Pagal RCP 4.5 numatomas energinis poveikis (4,5 W/m²) stabilizuosis iki 2100 metų, o ŠESD koncentracija CO_2 ekvivalentu sieks ~630 ppm. RCP 6.0 yra stabilizacinis scenarijus, pagal kurį energinio poveikio sustiprėjimas (6,0 W/m²) stabilizuosis po 2100-ųjų metų. ŠESD koncentracija CO_2 ekvivalentu bus lygi ~800 ppm. Pesimistinis RCP 8.5 numato didėjančias ŠESD emisijas, lemsiančias didžiausią energinį poveikį (8,5 W/m²). ŠESD koncentracija amžiaus pabaigoje CO_2 ekvivalentu pasieks ~1300 ppm.

Šie ŠESD emisijų scenarijai kaip įvesties duomenys naudojami globalaus klimato modeliuose. Jais remiantis sudaromos oro temperatūros ir kitų svarbių rodiklių prognozės. Kadangi galimi labai įvairūs ŠESD emisijos pokyčiai, didėja ir klimato prognozių neapibrėžtumas.

Ar žinote, kad…

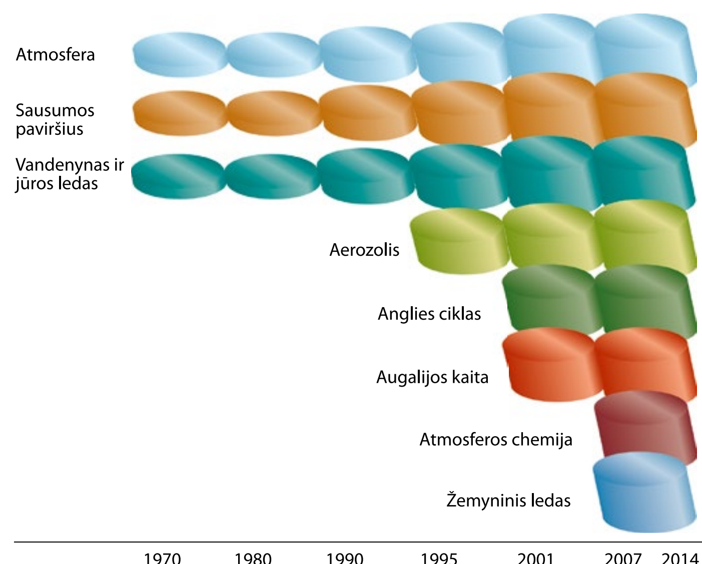
- Norint, kad globalioji oro temperatūra nepadidėtų daugiau kaip 2 °C, palyginti su ikiindustriniu laikotarpiu, globali ŠESD emisija turėtų pasiekti maksimumą ne vėliau kaip 2020 metais ir iki 2050 metų turėtų sumažėti perpus (ar daugiau). Tai reiškia, kad po 2020 metų šių dujų emisijos turėtų mažėti apie 2–3 % per metus.

36 Kaip kuriami klimato modeliai?

Faktas
Paprastai šiuolaikinių klimato modelių kodą sudaro daugiau kaip 500 tūkstančių kompiuterinių eilučių, dažniausiai užrašytų programavimo kalba *Fortran*.

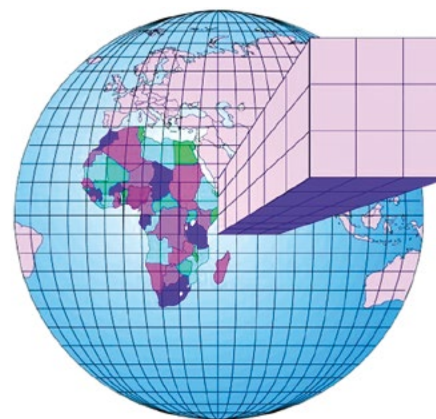
Klimato modelis – matematinis būdas pavaizduoti Žemės klimato sistemos būklę ir kaitą esamomis arba pakitusiomis sąlygomis. Modeliuose labai sudėtinga klimato sistema supaprastinama. Klimato modeliai kuriami tam, kad galėtume geriau suvokti klimato sistemą. Jei modelio išvesties rezultatai atitinka realias klimato sąlygas, galime teigti, kad pavyko tinkamai išsiaiškinti ir matematiškai apibūdinti svarbiausius klimatą lemiančius veiksnius ir klimato sistemoje vykstančius procesus. Tokie modeliai gali būti naudojami ir klimato prognozėms sudaryti.

Šiuolaikinis klimato modelis yra daugiasluoksnė, iš atskirų gardelių sudaryta jungtinė atmosferos ir vandenyno bendrosios cirkuliacijos schema. Visas sausumos paviršius, vandenyno gelmės ir atmosferos storymė padalyta į atskirus struktūrinius vienetus, vadinamąsias gardeles. Gardelės dydis ir storis skiriasi priklausomai nuo modelio, tačiau gerėjant klimato sistemos pažinimui bei kuriant vis galingesnius kompiuterius, atsiranda galimybė sutankinti klimato modelio erdvinį horizontalųjį ir vertikalųjį tinklelį ir gerokai padidinti tame modelyje matematiškai aprašomų atmosferos ir vandenyno procesų skaičių. Jei pirmuosiuose klimato modeliuose gardelės kraštinės ilgis buvo apytiksliai lygus 500 km, tai šiuo metu gardelės kraštinės ilgis kai kuriuose regioniniuose modeliuose nesiekia nei 20 kilometrų.



Klimato modelių evoliucija, kuri rodo, kaip į modeliavimą palaipsniui buvo įtraukiami atskiri klimato sistemos komponentai (GISS duomenimis)

← Turinys →



Klimato modelio tinklelio pavyzdys
(David Noone)

Šiuolaikiniuose klimato modeliuose įvertinamas spinduliuotės sklidimas klimato sistemoje, horizontalūs ir vertikalūs energijos mainai, paviršiniai procesai, vykstantys vandenyno, sausumos ar ledo paviršiuje, vandens apytakos ratas, anglies ciklas ir kita. Labai svarbu tiksliai įvertinti procesus, vykstančius vandenyne, nes jis gali sukaupti ir srovėmis pernešti milžinišką šilumos kiekį; be to, vandenynas mažina terminius kontrastus ir yra svarbiausia drėgmės apykaitos dalis. Taip pat klimato sąlygoms prie Žemės paviršiaus didelį poveikį daro ir aukštesniuose atmosferos sluoksniuose vykstantys procesai. Klimato modeliuose itin daug dėmesio skiriama tiksliam išorinio (Saulės aktyvumo kaita, orbitinių parametrų svyravimai) ir vidinio (vulkanizmas, antropogeninė veikla) poveikio klimato sistemai vertinimui.

Modelyje svarbiausi yra lygtimis išreikšti pagrindiniai fizikos dėsniai – energijos, judesio kiekio momento ir masės tvermės, taip pat dujų būvio lygtis. Kadangi dauguma klimato sistemoje vykstančių procesų yra labai sudėtingi, modeliuojant vykdoma ir jų parametrizacija, kurios metu apibrėžiami parametrai būtini siekiant tiksliai arba apytiksliai apibūdinti reiškinius ir procesus jų itin nedetalizuojant. Modelio tikslumas daugiausia priklauso nuo to, kaip procesus pavyksta parametrizuoti. Klimato sistemoje labai svarbūs ir grįžtamieji ryšiai.

Savo klimato modelius yra sukūrusios didžiausios klimato tyrimus vykdančios organizacijos. Tarpvyriausybinė klimato kaitos komisija vykdo klimato modelių palyginimo projektą (CMIP) ir savo ataskaitoje kaip prognozuojamus ateities klimato rodiklius pateikia į šį projektą įtrauktų modelių išvesties rezultatų medianines reikšmes.

Ar žinote, kad…

- Dar 1896 metais žymus švedų fizikas ir chemikas Svantė Augustas Arenijus (Svante August Arrhenius; 1859–1927) paskelbė mokslinį straipsnį, kuriame buvo pateikti skaičiavimai, rodantys, kiek pakistų globalioji oro temperatūra, jei CO_2 koncentracija atmosferoje padvigubėtų.

← Turinys →

37 Ar tikslios klimato prognozės?

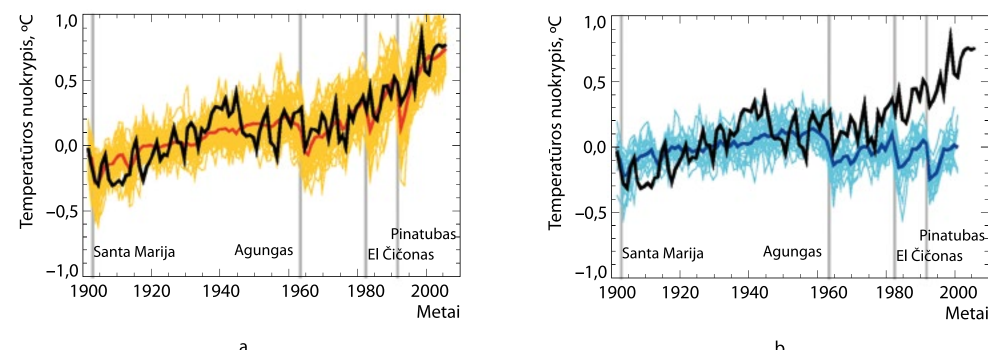
Faktas
Globaliosios oro temperatūros didėjimas per XX amžių buvo apytiksliai dešimt kartų greitesnis už natūralų oro temperatūros didėjimą poledynmečiu.

Klimato modeliai yra matematinė sąveikos tarp atmosferos, vandenyno, sausumos paviršiaus, ledo bei Saulės spinduliuotės išraiška. Tiksliai nusakyti šią sąveiką labai sudėtinga, todėl ir modelių pateikiamiems rezultatams būdingas tam tikras neapibrėžtumas. Prie neapibrėžtumo labai prisideda ir tikslių modelio įvesties sąlygų nebuvimas. Negalime tiksliai žinoti, kiek XXI amžiaus pabaigoje Žemėje gyvens žmonių, kiek į aplinką bus išmetama ŠESD, kokia bus šių dujų koncentracija atmosferoje.

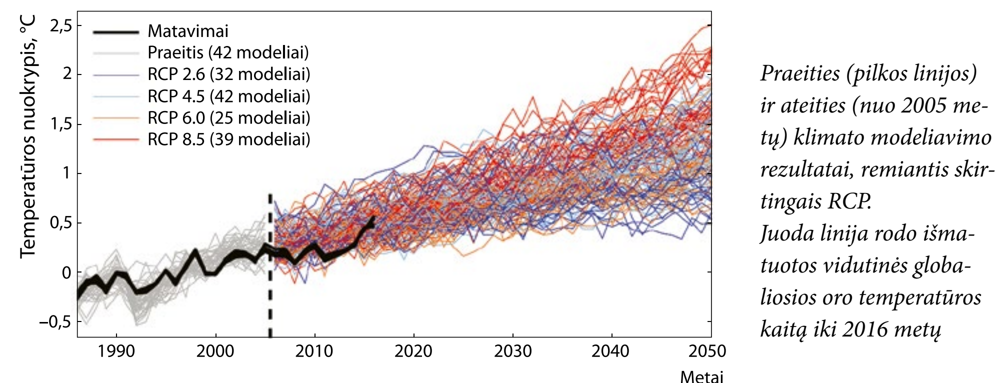
Todėl klimato prognozės pateikiamos kaip galimų reikšmių intervalas, kuris didėja prognostiniam laikotarpiui tampant vis ilgesniam. Pavyzdžiui, Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos ataskaitoje nurodoma, kad iki 2035 metų globalioji oro temperatūra padidės 0,4–1,0 °C, o amžiaus pabaigos prognozių neapibrėžtumas padidėja 0,3–4,8 °C.

Šiuolaikiniai klimato modeliai pateikia išvesties rezultatus, apimančius kiekvieną šešių valandų intervalą iki pat prognostinio laikotarpio pabaigos, pavyzdžiui, iki 2100-ųjų metų. Remiantis šiais rezultatais netgi galima atsakyti į klausimą, kokia bus, pavyzdžiui, oro temperatūra Vilniuje 2074 metų birželio 17 dienos rytą. Tačiau vargu ar temperatūros prognozė bus tiksli. Taip yra todėl, kad klimato modeliai skirti ne orų prognozėms sudarinėti, o bendrosioms klimato tendencijoms nustatyti. Būsimi pokyčiai pateikiami kaip tam tikro laikotarpio (10, 20 ar 30 metų) vidurkis.

Ar klimato modelis tinkamas klimato prognozėms, sprendžiama pagal tai, kaip jis geba imituoti praeities klimatą (paveikslas iliustruoja šiuolaikines modeliavimo galimybes). Modeliavimo rezultatai rodo, kad vien kintančiu Saulės aktyvumo bei vulkanizmo poveikiu neįmanoma paaiškinti staigaus globaliosios oro temperatūros didėjimo, kuris prasidėjo XX amžiaus pabaigoje. Vis dėlto reikia pasakyti, kad pirmojoje 1860–2000 metų laikotarpio pusėje jų poveikis akivaizdus, o apie 1950 metus prasidėjęs klimato vėsimas turėjo trukti iki XX amžiaus pabaigos. Įvertinus bendrą gamtinių ir antropogeninių veiksnių įtaką pavyko beveik visiškai tiksliai modeliuoti pastarųjų 100 metų globalius klimato pokyčius. Tai leidžia manyti, kad klimato modelių teikiamos ateities pokyčių prognozės, nepaisant modelių skirtumų, pakankamai tiksliai atspindės bent jau pagrindinius būsimus pokyčius.



Globalaus klimato modelių gebėjimas imituoti (raudona linija kairėje bei mėlyna linija dešinėje) realius klimato svyravimus (juoda linija), kai į modelį įtraukiami gamtiniai bei antropogeniniai veiksniai (a) *ir kai į modelį įtraukiami tik gamtiniai veiksniai* (b). *Taip pat paveiksle pažymėti ir didžiausi ugnikalnių išsiveržimai, turėję įtakos visai klimato sistemai* (IPCC duomenimis)



Praeities (pilkos linijos) ir ateities (nuo 2005 metų) klimato modeliavimo rezultatai, remiantis skirtingais RCP. Juoda linija rodo išmatuotos vidutinės globaliosios oro temperatūros kaitą iki 2016 metų

Kitas – daug lėtesnis – būdas, naudojamas vertinti prognozių patikimumą, yra anksčiau prognozuotų dydžių palyginimas su dabartinėmis klimato rodiklių reikšmėmis. Nuo 2005 metų prasidėjęs prognostinis laikotarpis rodo, kad pirmuosius dešimt metų realios klimato rodiklių reikšmės buvo artimos mažiausius pokyčius prognozavusių modelių išvesties rezultatams. Tačiau itin šilti pastarieji (2014–2016) metai išmatuotus dydžius „pastūmėjo“ į prognostinių dydžių intervalo vidurį.

Ar žinote, kad…

- Tikruoju šiuolaikinių klimato modelių pradininku galima laikyti anglų mokslininką Luisą Frajų Ričardsoną (Lewis Fry Richardson; 1881–1953), kuris XX amžiaus trečiojo dešimtmečio pradžioje, dar prieš sukuriant pirmuosius primityvius kompiuterius, pagrindė svarbiausius skaitmeninių orų prognozių sudarymo principus.

38 Kas yra grįžtamieji ryšiai klimato sistemoje?

Faktas

Tyrimai rodo, kad su vandens garų kiekio didėjimu susijęs grįžtamasis ryšys lems dvigubai spartesnį oro temperatūros kilimą net tuo atveju, jei vandens garų kiekis atmosferoje nekistų.

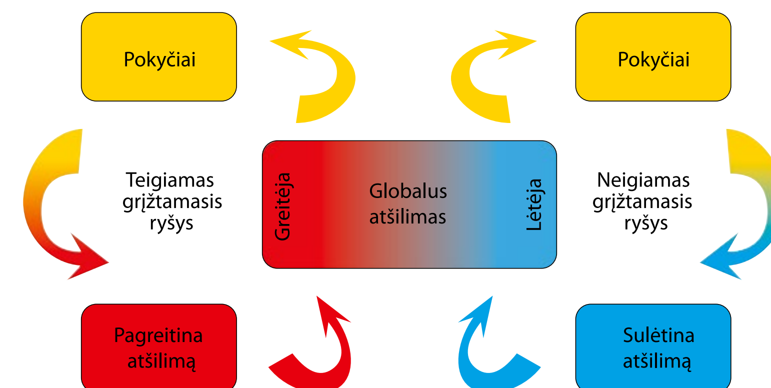
Klimato sistemoje vykstantys procesai lemia natūralią klimato kaitą ir pačios sistemos reakciją į įvairius pokyčius. Didelę įtaką ateities klimato pokyčiams daro vadinamieji grįžtamieji ryšiai. Vykstant tokiam procesui vieno kiekybinio kintamojo pakitimas lemia kito kintamojo pokyčius. Savo ruožtu, pastarojo kitimas gali nulemti pradinio veiksnio kiekybines ir kokybines ypatybes. Klimato sistemoje grįžtamieji ryšiai gali tiek sustiprinti (teigiamas grįžtamasis ryšys), tiek susilpninti (neigiamas grįžtamasis ryšys) pokyčius, atsirandančius dėl pradinio poveikio, kurį sukelia išoriniai ir vidiniai veiksniai.

Bene svarbiausias teigiamas grįžtamasis ryšys yra susijęs su vandens garų kiekio atmosferoje pokyčiais. Dėl ŠESD koncentracijos didėjimo kylant oro temperatūrai, ore, ypač apatinėje troposferoje, daugės ir vandens garų. Kadangi vandens garai veikia kaip ŠESD, sustiprės į Žemės paviršių nukreipta atmosferos spinduliuotė, o kartu – ir šiltnamio efektas.

Kitas svarbus teigiamas grįžtamasis ryšys atsiranda dėl paviršiaus albedo (atspindėjimo gebos) mažėjimo tirpstant sniegui ar ledui. Sniegas ir ledas atspindi labai didelę ant jo krintančios Saulės spinduliuotės dalį. Kylant oro temperatūrai, vis mažesni sausumos ar Pasaulinio vandenyno plotai dengiami sniego arba ledo, o po jais esantys paviršiai sugeria daug didesnę Saulės spinduliuotės dalį ir šildo orą.

Daugelis teigiamų grįžtamųjų ryšių susiję su anglies ciklo pokyčiais. Pavyzdžiui, šylant klimatui į atmosferą gali patekti daug nuolatinio įšalo zonos pelkėse (daugiausia Vakarų Sibire) susikaupusio metano. Ilgėjant vasaros sezonui ir didėjant oro temperatūrai nutirpsta vis storesnis paviršiaus ledo sluoksnis, ir pelkėse susikaupęs metanas ima veržtis į aplinką. Todėl ŠESD koncentracija dar labiau padidėja, o klimatas šyla dar sparčiau.

Pats stipriausias neigiamas grįžtamasis ryšys susidaro dėl to, kad bet kokio kūno spinduliuotės intensyvumas tiesiogiai proporcingas jo temperatūrai, t. y. kuo kūnas šiltesnis, tuo daugiau energijos netenka spinduliuodamas. Žemės paviršiaus spinduliuotė taip pat priklauso nuo vidutinės paviršiaus temperatūros, todėl kuo jis bus šiltesnis, tuo daugiau energijos bus išspinduliuojama į tarpplanetinę erdvę.



Klimato sistemoje veikiančių teigiamo ir neigiamo grįžtamojo ryšio schema
(Jungtinės Karalystės meteorologijos tarnybos duomenimis)

Kitas neigiamo grįžtamojo ryšio pavyzdys yra augalų biomasės didėjimas dėl to, kad atmosferoje yra daugiau CO_2, kuris dalyvauja augalų fotosintezės procese. Didėjant augalų biomasei, dar daugiau CO_2 panaudojama fotosintezei.

Vienas sunkiausiai klimato sistemoje įvertinamų grįžtamųjų ryšių sietinas su debesuotumo pokyčiais, vykstančiais dėl šylančio klimato. Debesys gali sugerti ir atspindėti Saulės spinduliuotę – taigi ir mažinti jos prietaką į paklotinį paviršių. Kita vertus, debesys patys skleidžia ilgabangę spinduliuotę paklotinio paviršiaus link. Kuris iš šių dviejų procesų vyraus, lemia debesų aukštis, storis ir struktūra. Viršutinėje troposferos dalyje esantys debesys sukuria teigiamą grįžtamąjį ryšį, nes jie atspindi mažiau Saulės spinduliuotės ir, būdami šaltesni, į išorinę erdvę spinduliuoja mažiau energijos. Netoli paviršiaus esantys šiltesni ir tankesni debesys atspindi daugiau Saulės spinduliuotės ir patys spinduliuoja stipriau. Taigi kol kas nėra visiškai aišku, koks yra bendras su debesuotumo kaita susijusio grįžtamojo ryšio pobūdis – teigiamas ar neigiamas.

Ar žinote, kad…

- Nuolatinio įšalo zonoje yra sukauptas milžiniškas anglies (daugiausia CO_2 ar metano pavidalu) kiekis. Nacionalinio sniego ir ledo duomenų centro (JAV) duomenimis, jame yra 1400 Gt anglies, o tai daug daugiau nei anglies kiekis visoje Žemės atmosferoje (apie 850 Gt).
- Debesys atspindi net apie 25 % visos mūsų planetą pasiekiančios Saulės spinduliuotės.

39 Kokie globaliosios oro temperatūros pokyčiai numatomi XXI amžiuje?

Faktas

Jei globalioji oro temperatūra XXI amžiuje padidės 4 °C, tai bus panašu į oro temperatūros padidėjimą per laikotarpį, praėjusį nuo paskutinio ledynmečio pabaigos prieš 12 tūkst. metų.

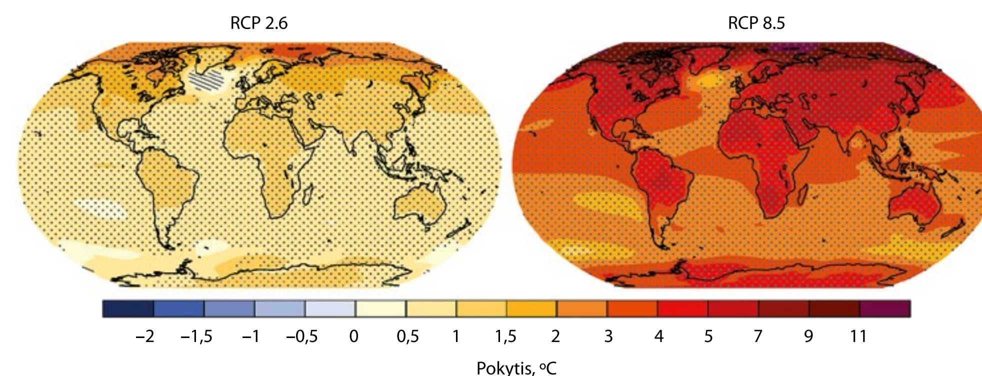
Remiantis naujausių klimato modelių išvesties rezultatais, globalioji oro temperatūra XXI amžiuje turėtų didėti. Dažnai skiriamos artimos ateities (2016–2035 metų) ir amžiaus pabaigos (2081–2100 metų) prognozės.

Per artimiausius 20 metų globalioji oro temperatūra pagal visus ŠESD tipinės koncentracijos (RCP) scenarijus, palyginti su 1986–2005 metų vidutine reikšme, turėtų padidėti 0,3–0,7 °C. Prognozuojama, kad tropikuose ir subtropikuose oro temperatūra turėtų didėti greičiau nei vidutinėse platumose. Taip pat didesnis už vidutinį globaliosios oro temperatūros didėjimas numatomas Arkties regione. Tačiau tokias pokyčių tendencijas gali iškreipti itin galingų ugnikalnių išsiveržimai (jų metu galimas laikinas globalaus klimato atvėsimas), ar didelės Saulės spinduliuotės intensyvumo anomalijos. Labai tikėtina, kad per artimiausius dešimtmečius daugelyje regionų padaugės šiltų dienų ir naktų, o šaltų dienų ir naktų bus mažiau.

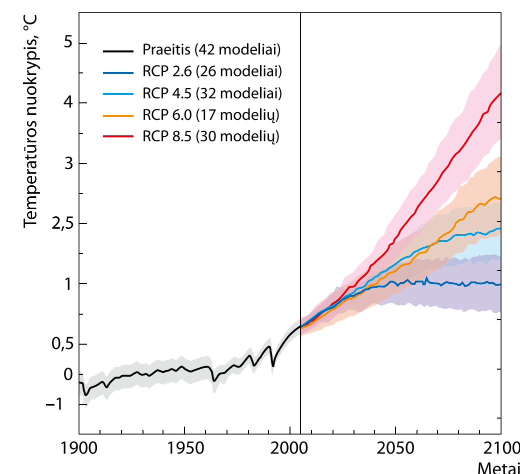
Daugelis tyrimų rodo, kad pirmaisiais XXI amžiaus dešimtmečiais vidinių klimato sistemos svyravimų nulemti oro temperatūros nuokrypiai vis dar gali būti didesni už pokyčius, atsiradusius dėl išorinių veiksnių (daugiausia antropogeninės kilmės ŠESD), poveikio, todėl didelių skirtumų tarp scenarijų nėra. Tačiau nuo XXI amžiaus vidurio oro temperatūros prognozės, remiantis skirtingais RCP, pradės skirtis. Amžiaus pabaigoje išorinio poveikio nulemti oro temperatūros pokyčiai bus žymiai stipresni už tuos, kurie pasireikš dėl vidinių klimato sistemos svyravimų. Todėl klimato rodiklių pokyčiai tiesiogiai priklausys nuo prognozuojamo spindulinio poveikio, tad šių rodiklių skirtumai tarp RCP scenarijų bus dideli.

Prognozuojama, kad 2081–2100 metais, palyginti su 1986–2005 metais, oro temperatūra pagal RCP 2.6 scenarijų padidės 0,3–1,7 °C, pagal RCP 4.5 scenarijų – 1,1–2,6 °C, pagal RCP 6.0 scenarijų 1,4–3,1 °C, o pagal RCP 8.5 scenarijų – net 2,6–4,8 °C. Temperatūros padidėjimas 1,5 °C mažai tikėtinas pagal RCP 2.6 scenarijų, o jos padidėjimas 4 °C nėra tikėtinas pagal visus RCP, išskyrus RCP 8.5. Tik pagal RCP 2.6 scenarijų globalioji oro temperatūra nedidės per visą XXI amžių.

Taip pat prognozuojama, kad temperatūros pokyčiai įvairiuose regionuose nebus vienodi. Labai tikėtina, kad pokyčiai sausumoje viršys pokyčius vandeny-



Vidutinės metinės temperatūros (°C) kaita XXI amžiuje pagal mažiausius (RCP 2.6) ir didžiausius (RCP 8.5) pokyčius numatančius scenarijus (IPCC duomenimis, 2013)



Globaliosios oro temperatūros kaitos prognozės pagal skirtingus RCP scenarijus (CMIP5 modelių visuma)

ne 1,4–1,7 karto. Jei nebus stiprių srovių režimo pokyčių, ypač jei nesusilpnės Golfo srovė, Arktis šils labiausiai, o poliarinėse Pietų pusrutulio platumose pokyčiai nebus tokie ryškūs. Mažiausi pokyčiai numatomi Šiaurės Atlante ir Antarktidą supančiame vandenyne. Čia vandens paviršiaus ir oro temperatūrai didėti neleis nuo tirpstančių Grenlandijos ir Antarktidos ledo skydų tekančio šalto gėlo vandens srautai (mažesnio tankio vanduo lieka paviršiuje) ir silpnėjanti termohalinė cirkuliacija. Oro temperatūra turėtų didėti visoje troposferos storymėje – iki 8–16 km aukščio.

Ar žinote, kad…

- Labai tikėtina, kad globalioji oro temperatūra per artimiausius šimtą metų didės dvigubai greičiau, palyginti su praėjusiu šimtu metų.

40 Ar ateityje Žemėje kritulių bus daugiau?

Faktas
Kiekvieną sekundę ant Žemės paviršiaus iškrinta 16 mln. tonų vandens ir tiek pat jo išgaruoja.

Oro temperatūra ir kritulių kiekis yra svarbiausias rodiklis, apibūdinantis vietovės klimato sąlygas. Tačiau svarbu ne vien tai, kaip keisis metinis kritulių kiekis, svarbus ir jų pasiskirstymas per metus. Vis dėlto žinotina, kad nedidelis kritulių kiekio didėjimas dar nereiškia, jog vietovėje drėgmės bus daugiau, nes kylant temperatūrai stiprėja ir garavimas nuo paviršiaus.

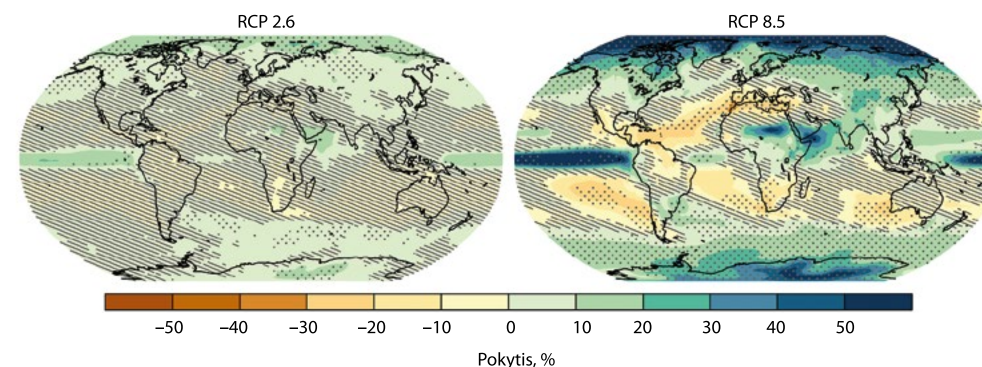
Skirtingų globalių klimato modelių teikiamos kritulių kiekio kaitos prognozės gana gerai dera tarpusavyje, kai analizuojamos bendros pokyčių tendencijos didelėse teritorijose. Tačiau regioninėse prognozėse dažnai skiriasi ne tik prognozuojamų pokyčių dydis, bet ir kryptis.

Pasaulyje kritulių kiekis didės. Šiltesniame ore gali susikaupti daugiau vandens garų, kurie gali kondensuotis ir iškristi kaip krituliai. Tačiau kritulių kiekis nedidės taip stipriai kaip vandens garų ore kiekis, nes santykinis drėgnis (dydis, rodantis oro prisotinimo vandens garais laipsnį) didės lėčiau. Kritulių kiekis gali kisti ir dėl kai kuriuose regionuose didėjančio aerozolio dalelių kiekio ore, nes jos yra vandens lašelių kondensacijos branduoliai.

Pagal skirtingus RCP scenarijus pasaulyje kritulių kiekis iki XXI amžiaus pabaigos padidės nuo 0,5 iki 4 %.

Pokyčiai Žemėje pasiskirstys nevienodai. Kai kuriuose regionuose kritulių kiekis žymiai padidės, o kituose sumažės. Daug kur kritulių kiekis visai nepakis. Numatoma, kad dar labiau padidės regionų, kuriems būdingi drėgmės perteklius ir stoka, kontrastingumas, t. y. drėgni regionai taps dar drėgnesni, o sausuose iškris mažiau kritulių.

Virš sausumos plotų aukštosiose platumose (Šiaurės Eurazijoje ir Šiaurės Amerikoje) kritulių kiekis turėtų stipriai išaugti (ypač pagal RCP 8.5 scenarijų) dėl didėjančio oro masių drėgnio ir stiprėjančios vandens garų pernašos iš tropinių platumų. Itin stipriai kritulių kiekis šiuose regionuose padidės šaltuoju metų laiku. Šaltesnėse vietovėse daugiau snigs ir storės sniego danga, šiltesnėse – žiemą vis dažniau lis lietus, o sniego bus mažiau. Kritulių kiekis turėtų didėti ir vidutinių platumų regionuose, kuriems būdingas drėgmės perteklius. Aridinėse ir pusiau aridinėse vidutinių ir subtropinių platumų srityse kritulių kiekis dar labiau sumažės. Tropikuose kritulių kiekis labiausiai didės virš ekvatorinės Ramiojo ir Indijos vandenyno dalies, o kritulių kiekis, iškrintantis ant vandenyno paviršiaus subtropikuose, – mažės.



Kritulių kiekio pokyčiai (%) XXI amžiuje pagal mažiausius (RCP 2.6) ir didžiausius (RCP 8.5) klimato pokyčius numatančius scenarijus (IPCC duomenimis, 2013)

Daug kur didės kritulių pasiskirstymo per metus netolygumas. Tai bus labai pastebima srityse, kur aiškiai išsiskiria sausasis ir drėgnasis metų sezonai, pavyzdžiui, musoninio klimato zonose.

Tikėtina, kad didžiojoje pasaulio dalyje gausių kritulių atvejų daugės, taip pat didės jų dalis, tenkanti bendram kritulių kiekiui. Trumpalaikiai, tačiau didelio intensyvumo krituliai derės kartu su ilgėjančiais sausringais periodais. Ekstremalių kritulių atvejų daugėjimas ir intensyvumo didėjimas tikėtinas vidutinėse platumose ir drėgnuosiuose tropikuose. Apskaičiuota, kad vidutinei temperatūrai padidėjus 1 °C, paros kritulių, iškrintančių kartą per 20 metų, kiekio maksimumas vidutiniškai išaugs 4–5 %.

Ar žinote, kad…

- Šiaurės rytiniame Indijos pakraštyje esančiame Mausinrume iškrinta daugiausia pasaulyje kritulių per metus (11 873 mm). Įdomu, kad daugiau kaip pusė šio kiekio iškrinta vos per tris vasaros mėnesius, lyjant musoninėms liūtims, kai drėgmės prisotintas oras nuo Bengalijos įlankos kyla Himalajų priekalnėmis.
- Sausiausia vieta pasaulyje yra Antarktidoje. Tai sausieji Makmurdo slėniai, kur, manoma, kritulių neiškrinta niekada. Aukšti aplinkiniai kalnai stabdo drėgno oro masių prietaką, o į slėnį besileidžiantis tankus šaltas oras (jo grietis siekia net 90 m/s) šildamas sausėja.

41 Kaip kis klimato ekstremalumas?

Faktas

Apskaičiuota, kad 1980–2015 metais Europos ekonominei erdvei priklausančios šalys dėl ekstremalių oro sąlygų patyrė 433 mlrd. eurų nuostolių (vertinant 2015 metų kainomis).
3 % pavojingiausių įvykių lėmė 70 % visų nuostolių.

Keičiantis klimatui, didžiausią grėsmę kels ne pakitę kritulių kiekis ar vidutinė oro temperatūra, bet dažnėjantys ekstremalūs su orais susiję įvykiai, kurie kelia ir kels grėsmę tiek žmonėms, tiek aplinkai.

Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos ataskaitose teigiama, kad didėjant vidutinei oro temperatūrai daugelyje pasaulio regionų bus daugiau šilumos ir mažiau šalčio ekstremumų. Šie pokyčiai vienodai tikėtini tiek kalbant apie kelių dienų, tiek apie sezonines temperatūros anomalijas. Labai tikėtina, kad karščio bangų dažnis, trukmė ir stipris vis didės. Todėl karščio bangos, tokios kaip 2003 metais buvusi Vakarų Europoje, vis dažnės (žr. 23 klausimą).

Nors orai šils, ekstremalių šalčių tikimybė vis dar išliks. Besniegėmis žiemomis staigūs stiprūs šalčiai gali padaryti labai didelės žalos infrastruktūrai (pavyzdžiui, sutrikdyti centralizuotą šilumos tiekimą), žemės ūkio pasėliams ir kelti pavojų žmonėms.

Numatoma, kad didžiojoje pasaulio sausumos dalyje nakties temperatūra didės greičiau negu dienos. Ekstremaliai šaltų naktų labiausiai sumažės poliarinėse platumose. Vidutinėse ir subtropinėse platumose labiau nei kitur didės ekstremalių karščių tikimybė, o šiltų dienų ir naktų labiausiai daugės tropikuose. Visuose regionuose mažės šaltų dienų, t. y. kai oro temperatūra nukrinta žemiau nulio, skaičius.

JAV mokslininkai nustatė, kad jų šalyje paros teigiamos temperatūros rekordai fiksuojami dvigubai dažniau nei neigiamos. Kalbant apie ateitį, galima pasakyti, kad XXI amžiaus viduryje maksimalios temperatūros rekordų bus dvidešimt kartų, o pabaigoje – penkiasdešimt kartų daugiau nei minimalios temperatūros.

Kylant temperatūrai ir stiprėjant garavimui, daugelyje pasaulio vietovių padidės sausrų tikimybė. Itin stipriai sausrų tikimybė išaugs vidutinėse platumose.

Pasaulyje dažnės trumpalaikės, bet itin intensyvios liūtys. Apskaičiuota, kad temperatūrai padidėjus 1 °C metinis paros kritulių maksimumas vidutiniškai padidės 5 %. Numatoma, kad XXI amžiaus pabaigoje per patį lietingiausią metuose penkių dienų laikotarpį virš sausumos iškris 5–20 % daugiau kritulių nei dabar. Musoninėse srityse didės ir labai stiprių kritulių tikimybė drėgnuoju



Perkūnija (*„Pixabay" nuotrauka*)

metų laikotarpiu. Prognozuojama, kad daugelyje pasaulio regionų dažniau susidarys palankios sąlygos perkūnijoms formuotis.

Vis dar daug neaiškumų lieka tiriant galimus audrų ir uraganų skaičiaus pokyčius. Tikėtina, kad maksimalus vėjo greitis ir kritulių kiekis tropiniuose ciklonuose didės, tačiau bendras tropinių ciklonų skaičius gali mažėti arba išlikti nepakitęs. Prognozuojama, jog audrų vidutinėse abiejų pusrutulių platumose bus mažiau.

Numatoma, kad klimato pokyčiai – kalnų ledynų ir nuolatinio įšalo tirpsmas, ekstremalūs krituliai ir kita – lems kalnų šlaitų nestabilumą, todėl didės kalnų griūčių ir nuošliaužų tikimybė.

Taip pat labai tikėtina, kad dėl Arkties ledynų, daugiausia Grenlandijos skydo, tirpsmo Golfo srovės greitis (kartu ir šildantis jos poveikis) Šiaurės Atlante sumažės. Nepaisant to, oro temperatūra Šiaurės Atlante ir Europoje didės, nors mažiau, nei galėtų didėti kintant globaliam klimatui. Kad Golfo srovė visiškai sustos, yra vargiai tikėtina.

Ar žinote, kad…

- 1966 metų sausio 7–8 dienomis Indijos vandenyne, Prancūzijai priklausančioje Reunjono saloje, per 24 valandas iškrito 1825 mm kritulių. Tai triskart daugiau nei vidutinis metinis kritulių kiekis Lietuvoje.
- Ten, kur Katatumbo upė įteka į Marakaibo ežerą (Venesueloje), nustatytas didžiausias pasaulyje žaibų skaičius per metus – vidutiniškai 1 km² tenka 233 žaibo iškrovos.

42 Kaip klimato kaita paveiks didžiuosius pasaulio miestus?

Faktas

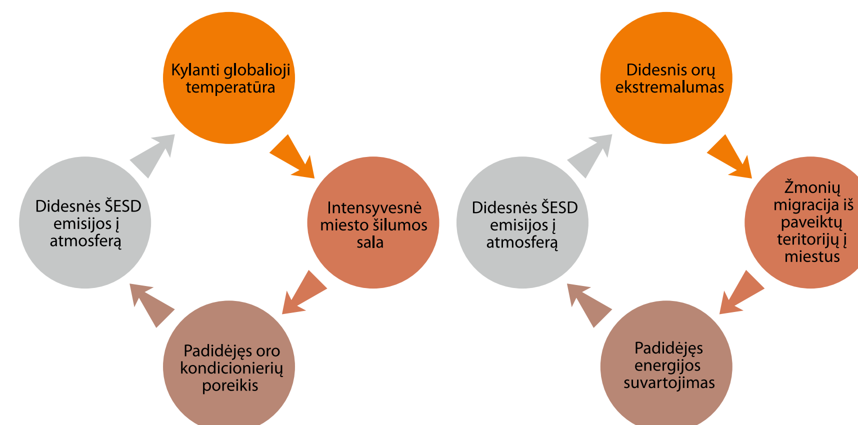
Visame pasaulyje šimtai milijonų miestuose gyvenančių žmonių patirs kylančio jūros lygio, padidėjusio kritulių kiekio poveikį, išaugusį potvynių pavojų, dažnesnį audrų ir karščio bangų pasikartojimą.

Šiuo metu miestuose gyvena daugiau kaip 50 % visų pasaulio gyventojų. Prognozuojama, kad 2050 metais 65–75 % žmonių gyvens miestuose. Taigi miesto gyventojų skaičius iki 2050 metų nuo dabartinio 3,5 mlrd. padidės iki 6,5 milijardo. Miesto gyventojų labiausiai turėtų padaugėti ekonomiškai silpnuose Azijos regionuose. Urbanizuotų teritorijų poveikis klimato kaitos procesams jau dabar labai gerai pastebimas, o didėjantis miesto gyventojų skaičius galimai tik skatins klimato kaitos intensyvumą.

Pačios miestų teritorijos itin veikiamos klimato kaitos dėl to, kad ekstremalios orų sąlygos gali suardyti darnią miesto sistemą, neigiamai paveikti infrastruktūrą ir pabloginti gyvenimo kokybę. Svarbu ir tai, kad labai didelė miestiečių dalis gyvena nedaug virš jūros lygio pakilusiose pakrančių teritorijose. Vidutiniškai 360 mln. miesto gyventojų, kurie gyvena ne aukščiau kaip 10 m virš jūros lygio, yra potvynių ir audrų pavojaus zonoje. Daugelis svarbių ekonominių ir socialinių centrų, valstybinių institucijų ir turto sukaupta būtent šiuose regionuose, ypač Azijoje.

Naujausioje Miesto klimato kaitos tinklo (UCCRN) ataskaitoje apibendrinamas galimas klimato kaitos poveikis miestų teritorijoms:

- Dėl didesnio šilumą sugeriančių dirbtinių paviršių ploto, dėl augalijos trūkumo ir papildomų antropogeninių šilumos šaltinių suintensyvės miesto šilumos salos efektas.
- Šiltesnis klimatas kartu su intensyvesniu šilumos salos efektu miestuose padidins oro taršą.
- Dėl didesnio klimato ekstremalumo daugelyje pasaulio miestų padažnės karščio bangų, sausrų, liūčių, potvynių ir audrų bei padidės jų intensyvumas.
- Keisis miestus veikiantys natūralūs klimatiniai svyravimai, tokie kaip ENSO (*El Niño* Pietų osciliacija), NAO (Šiaurės Atlanto osciliacija), PDO (Ramiojo vandenyno ilgalaikė osciliacija) ir kiti, kurie lems dažnesnes neįprastas atmosferos sąlygas.
- Pakrančių miestus ir jų ekosistemas paveiks dažnesnės audros, krantų erozijos procesai, sūraus jūros vandens įsiterpimas į gėlo vandens vandenvietes.



Teigiamų grįžtamųjų ryšių, darančių įtaką klimato kaitos poveikiui miesto tipo teritorijose, schemos

Beveik visose mažiausiai išsivysčiusiose valstybėse pastebima intensyvi didmiesčių augimo tendencija. Tačiau būtent juose šiltėjantis klimatas ir ribotos galimybės panaudoti technines prisitaikymo priemones daro didžiausią neigiamą poveikį gyventojams. Pažeidžiamiausias visuomenės sluoksnis yra miesto varguomenė – vieniši, sunkiai besiverčiantys senyvo amžiaus, lūšnynuose gyvenantys ir asocialūs asmenys. Pritaikius miesto planavimo procesus – daugiau dėmesio skiriant neturtingų gyvenamųjų zonų ir transporto sistemų atsparumui – galima gerokai palengvinti prisitaikymą prie pakitusių sąlygų.

Nors Europos, kaip ir kitų ekonomiškai stipriausių valstybių, miestai patirs mažesnį klimato kaitos poveikį, tikėtina, kad dažnesnės liūtys, potvyniai ir karščio bangos gali lemti nemažus iššūkius, pirmiausia miesto transporto, kanalizacijos ir maisto tiekimo sistemoms. Jau dabar pasaulyje yra miestų, kurie įgyvendina klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jos priemones. Pavyzdžiui, Stokholmas ir Kopenhaga sumažino CO_2 emisijas 35–41 %, nors abu šie miestai ekonomiškai sėkmingai vystosi nuo XX amžiaus devintojo dešimtmečio. Nauji miestų infrastruktūros, sveikatos apsaugos, transporto ir turizmo projektai yra pritaikomi prie ateities klimato sąlygų. Geriausiai prie klimato kaitos prisitaikiusiais miestais laikomi Barselona, Hamburgas, Fribūras ir Singapūras.

Ar žinote, kad…

- Nors miestai užima tik 2 % visos sausumos teritorijos, jie sunaudoja 78 % visos energijos ir į atmosferą išmeta daugiau kaip 60 % viso CO_2 kiekio.
- Didėjant miesto gyventojų skaičiui, užstatymo tankumui ir mažėjant žaliųjų erdvių, auga ir miesto šilumos salos intensyvumas.
- 15 iš 20 didžiausių pasaulio miestų įsikūrę pavojingose pakrantės zonose, kuriose gresia kylančio vandenyno lygio ir audrų pavojus.

43 Kaip klimato kaita paveiks Baltijos jūrą?

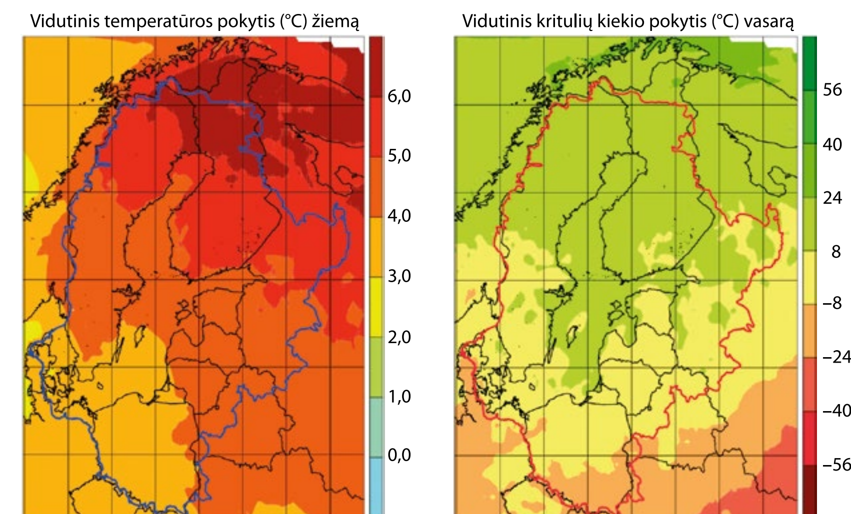
Faktas

Klimato kaita jau dabar pakeitė Baltijos jūros regioną. Ateityje šis poveikis vis labiau paveiks ledo režimo, potvynių pasikartojimo, gyvenamųjų arealų ir ypač vandens eutrofikacijos sąlygas.

Baltijos jūra yra labai jautri ekosistema, abipusiškai priklausoma nuo sūraus jūrinio Šiaurės Atlanto ir gėlo upių vandens prietakos ir pasižyminti unikalia augalija ir gyvūnija. Kadangi jūra yra jauna, joje iki šiol aktyviai vyksta izostaziniai procesai (Žemės plutos kilimas nutirpus ledynams), tačiau per pastaruosius du šimtus metų žmogaus veikla (žemės ūkis, pramonė) padarė labai didelį poveikį Baltijos jūros ekologinei būklei.

Baltijos jūros regionas, kurio plotas daugiau kaip 1,7 mln. km^2, apima ne tik pačią jūros akvatoriją, bet ir ją maitinantį sausumos baseiną. Dėl šios priežasties jam priklauso ne tik pakrantės valstybės Estija, Danija, Latvija, Lenkija, Lietuva, Rusija, Suomija, Švedija, Vokietija, bet ir Baltarusija, Čekija, Norvegija, Slovakija, Ukraina. Jūros aplinkos stebėseną ir priežiūrą vykdanti Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisija (vadinamoji Helsinkio komisija) paskelbė dvi (2008 ir 2015 metų) klimato kaitos Baltijos jūros baseine įvertinimo ataskaitas (žr. www.baltic-earth.eu/BACC2/), kuriose apibendrino pagrindines galimas klimato kaitos grėsmes šiame regione:

- Per visą XXI amžių vidutinė oro temperatūra regione kils greičiau nei vidutinė globalioji temperatūra. Temperatūra labiausiai turėtų kilti žiemos laikotarpiu. Dėl to, ypač pietinėje baseino dalyje, susidarys mažiau sniego. Vasarą visame regione dažniau pasikartos ekstremaliai karšti orai.
- Numatoma, kad jūros vandens temperatūra per XXI amžių vidutiniškai pakils 2 °C ir net 4 °C Botnijos įlankos akvatorijoje. Šios švelnesnės klimato sąlygos lems tai, kad jūros ledo maksimalaus išplitimo plotai sumažės 50–80 %.
- Numatomas bendras metinių kritulių kiekio padidėjimas, daugiausia žiemą. Vasarą kritulių kiekis mažės, o pietinėje baseino dalyje jų turėtų iškristi iki 40 % mažiau. Taip pat dėl kritulių persiskirstymo per metus sumažės pavasario potvynių tikimybė upėse, o vandens lygis žiemą bus gerokai didesnis už dabartinį.
- Baltijos vandens lygis iki XXI amžiaus pabaigos kils 30–110 cm, priklausomai nuo pasirinkto ŠESD tipinės koncentracijos kelio scenarijaus. Šie skaičiai bus būdingi pietinei jūros daliai (Danijai, Vokietijai, Lenkijai), nes šiaurinėje dalyje jie bus iš dalies kompensuoti Žemės plutos kilimo procesų.



Žiemos oro temperatūros (°C) ir vasaros kritulių kiekio (%) pokyčių prognozės Baltijos jūros baseine 2071–2100 metais (BACC2 duomenimis, 2013)

- Numatomas druskingumo sumažėjimas, kuris turėtų paveikti jūros augaliją ir gyvūniją. Populiacijų pokyčiai – nuo bakterijų iki komerciškai svarbių žuvų – paveiks itin jautrią jūros ekosistemą.
- Blogiausiu atveju šiltėjantis klimatas lems didesnį maisto medžiagų pritekėjimą, kuris gali ypač padidinti Baltijos jūros eutrofikacijos lygį. Per pastaruosius dešimtmečius valstybės sėkmingai kovoja su eutrofikacijos problema, tačiau klimato keliamos grėsmės gali nusverti teigiamus pokyčius.

Maistingosios medžiagos (įvairūs azoto ir fosforo junginiai), patenkančios iš maitinančio baseino, ir specifinės hidrologinės Baltijos jūros savybės (ribota vandens apykaita su Šiaurės jūra, hipoksijai palanki vandens sluoksnio stratifikacija, ilgas vandens atsinaujinimo laikas) yra hipoksijos (kai deguonies koncentracija tampa mažesnė kaip 2 mg/l) ir anoksijos (visiško deguonies nebuvimo) priežastis. Tikėtina, kad didesnėje centrinės ir pietinės Baltijos jūros akvatorijos dalyje priedugnio hipoksija ir anoksija ateityje gali trukti ilgiau. Be to, gali iškilti pavojus dėl jūros dugne palaidoto Antrojo pasaulinio karo cheminio ginklo atliekų (apie 40 tūkst. tonų).

Ar žinote, kad…

- Baltijos jūra yra vienas jauniausių (jos amžius apie 10 tūkst. metų) ir kartu vienas didžiausių druskingo (5–8 ‰) vandens baseinų pasaulyje.
- Dėl vertikalių Žemės plutos judesių pietinėje Baltijos jūros dalyje kylančio vandens lygio poveikis bus žymiai didesnis negu šiaurinėje.
- Dumblių žydėjimas Baltijoje yra ekologinė problema, o 2010 metų liepą žydintis plotas (377 tūkst. km^2) apėmė didesnę teritoriją nei Vokietija.

44 Koks bus Lietuvos klimatas ateityje?

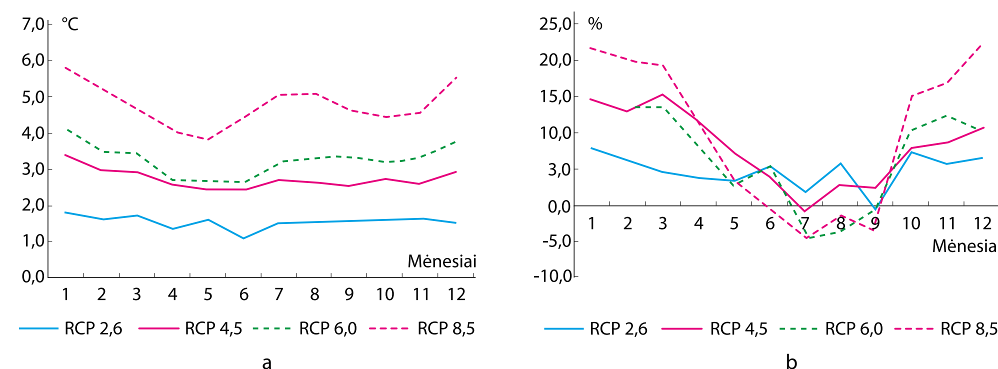
Faktas
Lietuvoje įsivyraus šiltesnės žiemos su didesniu kritulių kiekiu, nepastovia sniego danga ir karštesnės bei sausesnės vasaros su stiprių liūčių intarpais.

Lietuvos klimato savybės buvo pradėtos tyrinėti dar XX amžiaus pabaigoje ir tyrinėjamos iki šiol. Daugiausia tyrimų atlieka Vilniaus universiteto klimatologai. Daugiau kaip per du dešimtmečius trunkančius tyrimus buvo nustatytos svarbiausių klimato elementų – oro temperatūros, kritulių kiekio, sniego – ir ekstremalių rodiklių – sausrų, karščio bangų, gausių liūčių, potvynių – pokyčių tendencijos XXI amžiuje. Lietuvos klimato pokyčiai siejami su Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos ataskaitoje AR5 pateiktais ŠESD tipinės koncentracijos kelio (RCP) scenarijais. Juose ŠESD energinis poveikis (balanso pokyčiai tarp ateinančios ir išeinančios spinduliuotės savo ruožtu nulemti atmosferos sudėties pokyčių) yra pagrindinis parametras modeliuojant klimatą.

Oro temperatūra Lietuvos teritorijoje didės visais metų laikais, tačiau labiausiai pakils šaltojo metų laikotarpio temperatūra. Didžiausi pokyčiai Lietuvos teritorijoje XXI amžiaus pabaigoje tikėtini pagal „ekstremaliausią“ RCP 8.5 scenarijų, o mažiausi – pagal „nuosaikiausią“ RCP 2.6. Prognozuojama, kad iki 2035 metų vidutinė metinė temperatūra padidės 1,1–1,4 °C, o iki 2100 metų ji gali padidėti net 1,5–5,1 °C. Pagal „ekstremaliausią“ RCP 8.5 scenarijų XXI amžiaus pabaigoje vidutinė sausio mėnesio temperatūra šiaurės rytų Lietuvoje gali padidėti 6,3 °C.

Daugės ekstremaliai karštų dienų ir šiltų naktų. Bus daugiau karščio bangų, o oro temperatūra jų metu bus aukštesnė. Metiniai oro temperatūros maksimumai sparčiausiai didės šalies pietryčiuose ir pietvakariuose, o „nuosaikiausias“ jų didėjimas prognozuojamas šalies vakaruose. Prognozuojama, kad amžiaus pabaigoje pagal „ekstremaliausią“ scenarijų Lietuvos pietvakariuose ir pietryčiuose metinių maksimumų vidurkis bus 6,7 °C, o kitur Lietuvoje 5,5–6,3 °C didesnis už 1986–2005 metų vidurkį. Taip pat tikėtina, kad sausrų vasarą, ypač antroje vegetacijos periodo pusėje, daugės.

Iki 2035 metų vidutinis metinis kritulių kiekis gali padidėti 1,6–4,0 %. Didžiausi kritulių kiekio pokyčiai prognozuojami Vakarų Lietuvoje, mažiausi šalies pietvakariuose. Kritulių kiekio didėjimas prognozuojamas sausio–birželio mėnesiais, daugiausia balandį, šiek tiek mažesnis jis bus spalio–gruodžio mėnesiais, o liepą–rugsėjį galimas kritulių kiekio mažėjimas (ypač liepą). Panašios tendencijos turėtų išsilaikyti iki XXI amžiaus pabaigos. Vidutinis metinis kritulių kiekis iki 2100 metų turėtų padidėti nuo 3,7 iki 13,5 %. Mažiausiai metinis kritulių kiekis pasikeis pagal „nuosaikiausią“, o daugiausiai – pagal „ekstremaliausią“ scenarijų.



Remiantis RCP scenarijais prognozuojami (a) *oro temperatūros (°C) ir* (b) *kritulių kiekio (%) pokyčiai skirtingais mėnesiais Lietuvoje iki 2100 metų*

Gausių kritulių Lietuvos teritorijoje dažnės. Vieną dieną trunkančių gausių kritulių pasikartojimas daugiausia padidės (> 30 %) pajūryje ir Žemaičių aukštumoje. Per XXI amžiaus pirmuosius trisdešimt metų turėtų dažnėti ir tris dienas trunkantys gausūs krituliai. Didžiausi pokyčiai numatomi vakarinėje ir rytinėje šalies dalyje – gausių kritulių pasikartojimas gali didėti iki 50 %.

XXI amžiuje, kintant šaltojo laikotarpio oro temperatūrai, kritulių kiekiui ir būviui, keisis ir sniego dangos rodikliai. Tikėtina, kad vidutinis parų su sniego danga skaičius sumažės 2–4 kartus, o didžiausia sniego danga bus perpus plonesnė. Palyginti su 1981–2010 metų vidurkiu, XXI amžiaus viduryje dienų su sniego danga skaičius Vakarų Lietuvoje sumažės nuo 50 iki 30 dienų, likusioje šalies dalyje – nuo 60–90 iki 40–70 dienų.

Ar žinote, kad…
- Globaliosios oro temperatūros padidėjimas 2 °C, palyginti su 1850 metų lygiu, labiausiai tikėtinas XXI amžiaus viduryje, o Lietuvoje – apie 2030 metus.
- Pavasariniai upių potvyniai pasislinks iš pavasario į žiemos pradžią, o per visą žiemą aukštas vandens lygis lems tai, kad potvyniai bus ne tokie stiprūs.
- Augalų vegetacijos laikotarpis (> 5 °C) gali pailgėti 20–50 dienų ir viršyti 200 dienų, tačiau vėlyvų pavasario ir ankstyvų rudens šalnų pavojus išliks.

Klimato kaitos poveikis žmonių veiklai ir sveikatai

45 Kaip 1–2 °C šiltesnis klimatas gali pakeisti žmogaus gyvenimą?

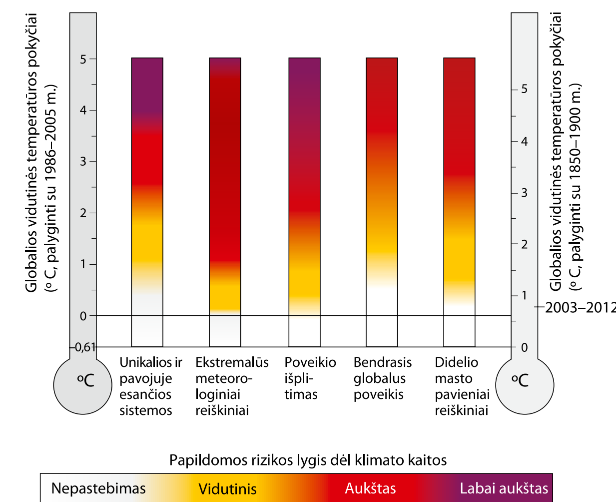
Faktas

Apie 9 % ES gyventojų, daugiausia Pietų Europos regione, gyvena teritorijose, kuriose vidutiniškai daugiau kaip keturis mėnesius per metus beveik nebūna lietaus. Šylant klimatui sausrų dažnis ir trukmė didėja.

2015 metų gruodį Paryžiuje pasaulio šalys susitarė siekti, kad klimatas iki XXI amžiaus pabaigos atšiltų ne daugiau kaip 1,5–2 °C. Ar tai reiškia, kad toks klimato atšilimas būtų saugus ir nežalingas? Juk visuotinai pripažinta, kad Žemės temperatūrai pakilus daugiau kaip 2 °C, palyginti su ikiindustrinio laikotarpio lygiu, klimato pokyčiai taptų negrįžtami ir tai turėtų ilgalaikių neigiamų padarinių ekonomikai ir gamtai.

Reikia nepamiršti, kad regioniniai klimato pokyčiai dažnai nesutampa su vidutinėmis globalaus klimato kaitos tendencijomis. Pavyzdžiui, vidutinė metinė globalioji temperatūra nuo XIX amžiaus vidurio pakilo 0,95 °C, tačiau kai kuriuose regionuose (Šiaurės Amerikoje, Sibiro šiaurinėse dalyse, Arktyje) atšilo 2–4 °C, o tropinėse platumose vietomis tik 0,1–0,5 °C. Taigi šiandieniniame pasaulyje net ir 1–2 °C šiltesnis klimatas reikštų labai daug.

Remiantis jau dabar juntamų šylančio klimato padarinių analize, galima teigti, kad vidutinės metinės temperatūros pakilimas 1–2 °C žmonių gyvenimą paveiktų tiesiogiai (tai susiję su karščio bangų ir kitų temperatūros anomalijų fiziologiniu poveikiu) arba netiesiogiai, pavyzdžiui, pasikeistų žmonių elgesys (jie bus priversti migruoti, keisis atostogų įpročiai ir kita), padaugėtų plintančių per maistą arba įvairių sukėlėjų platinamų ligų, kitų klimato kaitos sukeltų reiškinių, pavyzdžiui, potvynių, sausrų, sustiprėtų geriamojo vandens stygiaus problema (žr. 50 klausimą). Galima iki begalybės vardyti klimato atšilimo padarinius: daugėtų pavojingų orų anomalijų, dėl gaisrų pavojaus būtų ribojamas lankymasis miškuose, pasikeistų upių nuotėkis, vadinasi, ir laivybos jose sąlygos, vandens telkiniuose keistųsi verslinių žuvų ištekliai, nepastovi sniego danga ir dažni atlydžiai keltų rūpesčių ūkininkams (didėtų žiemkenčių iššalimo pavojus), dėl dažnesnio smogo dideliuose miestuose būtų ribojamas transporto



Globali klimato keliamos rizikos perspektyva. Skirtingos spalvos stulpeliuose rodo papildomos rizikos susidarymą kylant temperatūrai (IPCC duomenimis, 2014)

eismas, amžino įšalo zonoje padidėtų tirpstančio grunto poveikis statiniams ir keliams, dėl kylančio vandenyno lygio neišvengiamai padidėtų žalos mastai jūrų pakrantėse ir kita.

Žinoma, ne visi su atšilimu susiję pokyčiai neigiamai veikia žmonių gyvenimą. Vidutinio klimato regionuose (prie jų priskiriama ir Lietuva) dėl švelnesnių žiemų būtų mažiau mirčių nuo šalčio, sumažėtų išlaidos šildymui, nes reikėtų mažiau kuro, lauke dirbantys darbuotojai patirtų mažesnį stresą dėl šalčio žiemos sezonu, dėl to padidėtų darbo našumas statybų ir kelių tiesimo sektoriuose. Dėl ilgesnio vegetacijos sezono ir gausesnių kritulių padidėtų kai kurių žemės ūkio augalų derlingumas, atšilimas būtų palankus, pavyzdžiui, privačiai daržininkystei ir kitokiai veiklai lauke – poilsiui, turizmui.

Tačiau nepamirškime globalaus pasaulio dėsnių. Klimato kaitos poveikis įvairių šalių ekonomikai, galimybei apsirūpinti maistu ir vandeniu yra labai nevienodas, dar pridėkime vandenyno lygio kilimo padarinius – visa tai lemia didėjančią gyventojų migraciją visame pasaulyje.

Ar žinote, kad…

- Vis daugėja pažeidžiamų žmonių grupių, migruojančių į ES teritoriją ar net po ją (ES pasirenkama kaip kelionės tikslas), todėl didėja humanitarinės pagalbos ir sveikatos apsaugos poreikiai.
- Lietaus sezono pokyčiai ir mažesnis Himalajų kalnuose ištirpusio vandens kiekis šylant klimatui turės įtakos daugiau nei 1 mlrd. žmonių.

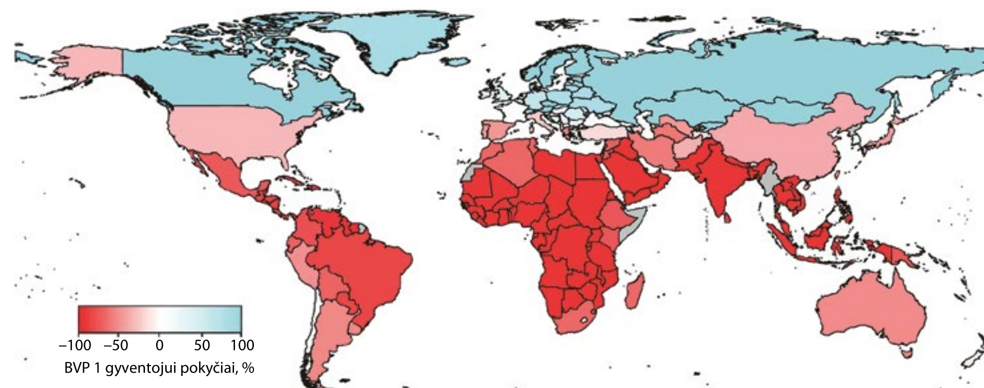
46 Ar įmanoma pinigais įvertinti klimato kaitą?

Faktas
Šalių ekonominė raida ir bendrasis vidaus produktas (BVP) yra glaudžiai susiję su klimato kaita.

Klimato kaitos ekonominių padarinių įvertinimo klausimas yra sudėtingas ir įvairiai interpretuojamas. Sutariama tik dėl klimato kaitos poveikio tendencijų – jos pasekmes pajus visos šalys ir visi ūkio sektoriai, kylančios temperatūros poveikis pasaulio ekonomikai yra ir bus neigiamas. Šio poveikio skaitinė išraiška priklauso nuo daugelio veiksnių: kaip įvertinamas įvairių regionų jautrumas klimato kaitos poveikiui, koks numatomas gyventojų skaičiaus didėjimas, kaip suvokiami ir įvertinami ekstremalių bei katastrofiškų hidrometeorologinių reiškinių mastai ir jų daroma žala, kokia bus pasaulinė klimato kaitos valdymo politika ir kita. Vienintelio tinkamo atsakymo į šiuos klausimus nėra.
Kalifornijos universiteto mokslininkai yra paskaičiavę – jeigu nebus įgyvendinta efektyvių klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jos priemonių, klimato kaita iki 2100 metų gali sumažinti pasaulinį BVP net daugiau kaip 20 %. Kiti ekspertai mano, kad šis skaičius bus 5–10 kartų mažesnis, be to, kiekvienoje šalyje klimato kaitos kaina irgi bus nevienoda. Tačiau reikėtų pamiršti neseniai sklandžiusias iliuzijas, kad ekonomiškai stiprioms šalims klimato kaita darys mažesnį poveikį nei silpnos ekonomikos šalims. Stipri ekonomika gali turėti nebent didesnį žalos padarinių likvidavimo potencialą, tačiau dėl didelės ūkio subjektų koncentracijos ir intensyvios gamybos, nepaisant visų prisitaikymo priemonių, žala vis tiek būtų didelė.
Stokholmo universiteto mokslininkai yra pasiūlę formulę, pagal kurią būtų galima apytikriai įvertinti kylančios temperatūros daromą ekonominę žalą (ši formulė taikoma daugelyje ekonominių modelių):

$Žala = aT^N$,

čia a – konstanta (pavyzdžiui, dabartinė žala išreikšta pinigais arba santykiniais vienetais), T – temperatūros pokytis laipsniais, palyginti su baziniais metais (čia $T \geq 1$), ir N – kintamasis, kuris nusako, kaip greitai (eksponentiškai) žala didės, jeigu pasaulyje bus šilčiau. Pavyzdžiui, jeigu N = 2, apskaičiuotume, kad klimatui atšilus 2 °C, žala išaugtų 4 kartus, atšilus 3 °C – 9 kartus ir taip toliau. Daugiklis N yra subjektyviausias ir sunkiausiai nustatomas formulės kintamasis. Ekonomikos ekspertų nuomone, N galėtų būti nuo 1 iki 3, labiausiai tikėtinas nuo 1,3 iki 2,25. N reikšmė priklauso (priklausys) nuo daugelio veiksnių: prisitaikymo prie klimato kaitos efektyvumo, gyventojų skaičiaus (kuo didesnis gyventojų skaičius, tuo didesnis N), stichinių reiškinių skaičiaus ir masto. Šią formulę galima taikyti ne tik viso pasaulio žalos mastams apskaičiuoti, bet ir vienai šaliai ar regionui – tokiu atveju turi būti atsižvelgiama į regiono pažeidžiamumą ir jautrumą klimato kaitos poveikiui.



Dėl klimato kaitos numatomi BVP, tenkančio 1 gyventojui, pokyčiai iki 2100 metų, palyginti su situacija, jeigu pasaulyje nevyktų klimato kaita (pagal Burke, Hsiang, and Miguel, 2015). *Šalyse, kurių vidutinė metinė temperatūra yra arba bus aukštesnė negu 13 °C (jos nuspalvintos rausva ir raudona spalva) atšilimas lėtins BVP augimą, o šalyse, kuriose oro metinė temperatūra nesiekia 13 °C (melsva spalva), galimas spartesnis BVP augimas*

Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos ir ES ekspertų ataskaitose nurodoma, kad priemonės klimato kaitai apriboti yra visiškai suderinamos su pasauliniu ekonomikos augimu. Pavyzdžiui, ES iki 2030 metų apie 0,5 % viso BVP reikėtų investuoti į mažai anglies išskiriančias ūkio technologijas, todėl tai sumažintų BVP augimą tik maža dalimi – 0,19 % (atsižvelgiant į tai, kad prognozuojamas metinis BVP augimas sudaro 2–3 %). Klimato kaitos švelninimas ir ŠESD emisijos mažinimas, darnios bei atsparios klimato kaitos pokyčiams ekonomikos plėtra skatina visų ūkio sektorių augimą ir didina konkurencingumą bei energetinį saugumą, sukuriamos naujos „žalios“ darbo vietos, gerėja oro kokybė, mažėja žmonių sergamumas ir daromos žalos mastas. Šalis atitinka darnaus vystymosi principus, jei šalies ekonomika (BVP 1 gyventojui) auga daug sparčiau, negu didėja išmetamų ŠESD kiekis.

Ar žinote, kad…

- Pasaulis XXI amžiuje nebus toks turtingas, koks galėtų būti. Jungtinių Tautų ekspertų nuomone, jeigu iki 2050 metų klimatas atšiltų 2,5 °C, pasaulio BVP sumažėtų 33 trilijonais dolerių, o jeigu atšilimas neviršys 1,5 °C, BVP sumažėjimas siektų „tik“ 21 trilijoną dolerių. Pavyktų sutaupyti 12 trilijonų dolerių – tai sudaro apie 10 % pasaulio BVP.

47 Koks klimato kaitos poveikis žmonijos raidai ir civilizacijoms?

Faktas

Maždaug prieš 7000 metų, baigiantis paskutiniam ledynmečiui, prasidėjo šiuolaikinio klimato era – kartu ir žmonių civilizacija.

Klimatas darė didelę įtaką kuriantis civilizacijoms ir jų tolimesnei raidai. Holoceno (prasidėjo prieš 11–12 tūkst. metų) klimato anomalijos kėlė didelius iššūkius žmonių bendruomenėms, vertė jas prisitaikyti arba žūti. Žmonės buvo priklausomi nuo temperatūros ir kritulių klimatinių ciklų. Jų išgyvenimas priklausė nuo grūdų derliaus ir nuo turimo sėklų kiekio kitų metų sėjai. Net trumpa sausra ar kelios didelės audros ir liūtys galėjo sukelti badą.

Nėra pagrindo manyti, kad tapome nepriklausomi nuo klimato įtakos. Žinoma, žemės ūkio gamyba šiandien „mažiau jautri“ – maistinius augalus auginančių žmonių Europoje ir Šiaurės Amerikoje sumažėjo nuo 90 % visos darbo jėgos prieš 500 metų iki 3–5 % šiuo metu. Dabar mūsų pažeidžiamumas neapsiriboja tik maisto gamyba. Kaip ir daugelis iki mūsų egzistavusių civilizacijų, iškeitėme vienus pavojus į kitus (dažnai mažesnius į didelius) ir likome tokie pat priklausomi nuo klimato sąlygų.

Anot klasikinio klimato determinizmo[1] teoretikų, kai kurių šalių „aukštas civilizacijos lygis“ dažniausiai yra nulemtas klimato, tačiau kartais dar ir gebėjimo kontroliuoti (keisti) vietines klimato sąlygas. Nuo klimato ir jo svyravimų priklauso žmogaus charakteris, aktyvumas, politiniai ir socialiniai žmonių bendruomenių procesai, kultūrinis ir ekonominis lygis, istorijos raida, o civilizacijų nuosmukis daugeliu atvejų susijęs su klimato svyravimais tam tikru istoriniu laikotarpiu. Paprastai šių svyravimų padarinys būdavo sausros. Jos iš dalies gali paaiškinti senovės Graikijos ir Romos imperijos nuosmukio laikotarpius. Sausros turėjo daug įtakos ir Majų civilizacijos žlugimui 800–900 metais.

Kiek žinoma, nėra nė vienos civilizacijos, kuri suteiktų galimybę stebėti santykinę jos raidą, nesiejant jos su klimato fonu. Ikiindustrinėje epochoje klimatas darė didžiulę įtaką individams, visuomenei ir civilizacijoms, negailestingai primesdamas savo valią, o nuo tiesioginės jo įtakos pabėgti buvo neįmanoma. Šiuolaikiniame pasaulyje klimatas jau taip smarkiai neveikia socialinio elgesio, nedaro mums tokios didelės įtakos materialiąja ir pažintine prasme. Taigi gamtinės sąlygos – prieinami gamtiniai ištekliai ir klimatas – neabejotinai ir

[1] Klimato determinizmas yra suvokimas, kad žinios apie pastovią ar kintančią klimato būklę teikia reikšmingų įžvalgų apie socialiai aktualius procesus, kaip antai ekonomikos efektyvumas, fizinė žmonių energija, sveikata ir civilizacijos laimėjimai.



Majų civilizacijos paminklai Meksikoje („Shutterstock“ nuotrauka). Pagrindinė majų žlugimo priežastis – trys didelės sausros, atnešusios badą ir didelius socialinius sukrėtimus tankiai gyvenamose teritorijose. Archeologiniai duomenys rodo, kad miestų gyventojai išmirė arba pasklido po mažesnius kaimelius. Palankesnės klimato sąlygos išliko tik Jukatano pusiasalio šiaurėje

dabar veikia žmonių elgseną, tačiau labai dažnai virsta kliūtimi socialinei veiklai, todėl šią veiklą jos ne lemia, o apriboja. Gamtinių sąlygų poveikis istoriškai nevienodas ir nepastovus. Kartais jų įtaka suvokiama kaip nereikšminga, kartais – kaip esminė.

Šių laikų tyrėjai dažniausiai laikosi nuostatos, kad klimatas yra ar bent jau gali būti labai paveikus, bet ne lemiamas veiksnys. Klimato sukeltus padarinius jie nagrinėja atsižvelgdami į ekonominę perspektyvą, t. y. tiria klimato poveikį BVP pokyčiams, derliams, pajamoms ir kitiems dalykams. Deja, dažnai pamirštami bendrieji socialiniai ir politiniai klimato kaitos poveikio aspektai.

Ar žinote, kad…

- *El Niño* poveikis žmonių visuomenėms ėmė stiprėti prieš 5000 metų, kai Egipte ir Mesopotamijoje kūrėsi pirmosios miestų civilizacijos. Sėslus gyvenimo būdas, prisirišimas prie dirbamų laukų ir drėkinimo sistemų padidino priklausomybę nuo trumpų klimato ciklų, nes sumažėjo galimybių išsikelti į naujas teritorijas.
- Ilgalaikės sausros ir Santorino ugnikalnio išsiveržimo sukeltas staigus atšalimas apie 1200 metus prieš Kristų sužlugdė senovės Graikijos Mikėnų civilizaciją, klestėjusią net 400 metų.

48 Ar visi žmonės jautrūs orų permainoms?

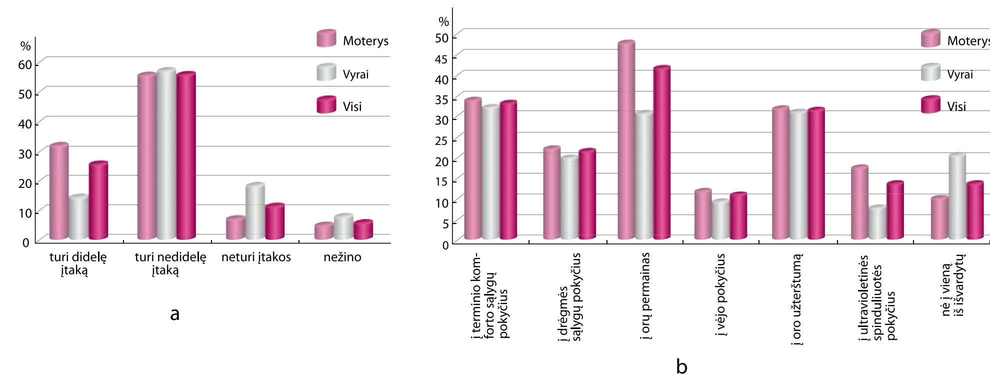
Faktas
50–70 % žmonių yra jautrūs orų pokyčiams, o dėl padažnėjusių ekstremalių klimato reiškinių jų jautrumas tik didės.

Jautrumas orams – tai fizinės ir psichinės žmogaus savijautos pokyčiai ir (ar) ligų simptomų sustiprėjimas, kuris kartais pasireiškia veikiant atmosferos reiškiniams. Žmonės nevienodai jautriai reaguoja į orus ir jų permainas. Pagal reakcijas žmones galima suskirstyti į 2 grupes: į orų pokyčius nereaguojančius (meteostabilius) ir veikiamus orų sąlygų (meteolabilius). Svarbiausi meteorologiniai rodikliai, veikiantys žmones, yra oro temperatūra, atmosferos slėgis, oro drėgnis, vėjo greitis, saulės spindėjimo trukmė ir kita. Tačiau labai svarbu laikytis kompleksinio požiūrio į orų sąlygas, t. y. orų masėms būdingų meteorologinių rodiklių visumą vertinti biometeorologiniu požiūriu.

Meteolabilių žmonių reakcijos į orų pokyčius intensyvumas labai skirtingas. Orai gali paveikti bendrą savijautą ar sustiprinti jau esamus negalavimus, ypač skausmus. Padidėjusio jautrumo grupei priskiriami vaikai, turintys negalavimų, sergantys ir vyresnio amžiaus žmonės bei asocialūs asmenys. Simptomai gali pasireikšti miego sutrikimu, galvos skausmais ir migrena, širdies ir kraujospūdžio sutrikimais, galvos svaigimu ir pykinimu, fantominiu skausmu, reumatiniais skausmais, taip pat orai gali paveikti psichinę savijautą (gali pasireikšti padidėjęs dirglumas ir agresyvumas, nerimas, depresija, apatija, nuovargis, koncentracijos stoka). Karštis ir šaltis sukelia širdies kraujagyslių ir kvėpavimo takų ligų paūmėjimą, tad organizmui ypač pavojingos karščio ir šalčio bangos. Dėl susidariusio didelio atmosferos ir sinusų slėgio skirtumo žemas slėgis gali sukelti galvos skausmus. Panašiai į slėgį reaguoja žmonės, kurie serga artritu.

Lietuvoje atliktoje sociologinėje apklausoje apie orų poveikį sveikatai nustatyta, kad jį jaučia net 64 % šalies gyventojų. Panašūs rezultatai gauti atlikus tyrimus Kanadoje ir Vokietijoje. Vilniaus miesto gyventojų apklausoje, atliktoje 2014 metais, nustatyta, kad net 82 % jos dalyvių sveikatos būklė priklauso nuo orų, o labiausiai savijautą veikia besikeičiantys orai (41 %), ypač pavasarį ir rudenį. Daugiausia apklaustųjų nurodė, kad dėl orų jie tampa labiau mieguisti ir greičiau pavargsta (60 %). Didžiausią poveikį sveikatos būklei jaučia vyresnio amžiaus (> 65 metų) žmonės.

Ateityje žmonių jautrumas orams Lietuvoje didės dėl dviejų priežasčių: didelio orų permainingumo ir karščio bangų pavojaus. Mūsų organizmas prisitaiko prie tam tikrų sąlygų palaipsniui, o staigūs orų sąlygų pokyčiai didės, pavyzdžiui, vėsius lietingus vasaros orus keis karšti ir sausi, o žiemą darganą gali keisti stiprus speigas. Lietuvoje žmonių organizmai nėra išvystę atsparumo karščiui, o jis vis didės. Taip pat kelia pavojų tai, kad atsparumas šaltiems orams irgi silpsta, nes vis rečiau pasitaiko šaltų žiemų.



Orų įtaka savijautai (a) *ir veiksniai, į kuriuos reaguojama jautriausiai* (b). *2014 metais vykdytos apklausos „Vilniaus miesto gyventojų jautrumo orams vertinimas" rezultatai*

Dėl pablogėjusios oro kokybės rodiklių gali padaugėti žmonių, sergančių kvėpavimo sistemos ligomis (tracheitu, bronchitu, bronchine astma), be to, gali dažnėti kitų lėtinių kvėpavimo sistemos ligų paūmėjimai. Sausas oras ir oro teršalai gali lemti didesnį sergamumą alerginėmis ligomis. Padidėjusi oro temperatūra ir susidaręs smogas gali pabloginti psichikos ligomis sergančių žmonių būklę, t. y. ligos gali paūmėti.

Keičiantis klimatui ir kylant temperatūrai, troposferoje didėjantis ozono kiekis dirgina ir kvėpavimo takus, todėl vystosi lėtinės plaučių ligos, daugėja jomis sergančių žmonių, didėja mirštamumas nuo šių ligų.

Žmonės, sergantys tokiomis ligomis, kaip cukrinis diabetas, yra lengviau paveikiami klimato pokyčių. Jiems būdinga didesnė dehidratacijos, širdies smūgio ir kitų kraujagyslių ligų rizika, ypač esant aukštai oro temperatūrai.

Ar žinote, kad…
- Globaliajai temperatūrai pakilus 1 °C, palyginti su daugiamete reikšme, žmonėms, sergantiems kvėpavimo takų ligomis, mirties rizika padidėja 6 kartus.
- 15–20 % žmonių yra psichiškai jautrūs orų sąlygoms; viena iš galimų šios reakcijos priežasčių – genetiškai nulemtas jautrumas.
- Įvairios alerginės ligos per artimiausius 20 metų vargins net 30 % Europos gyventojų, nors XX amžiaus pradžioje tokių buvo tik 1 %.

49 Kokią įtaką klimato kaita daro ligų plitimui ir žmonių sergamumui?

Faktas

Padidėjęs ŠESD kiekis lemia sustiprėjusį aplinkos poveikį sveikatos būklei: nuo mirčių dėl ekstremaliai aukštos temperatūros iki pakitusių infekcinių ligų sukėlėjų ir pačių ligų.

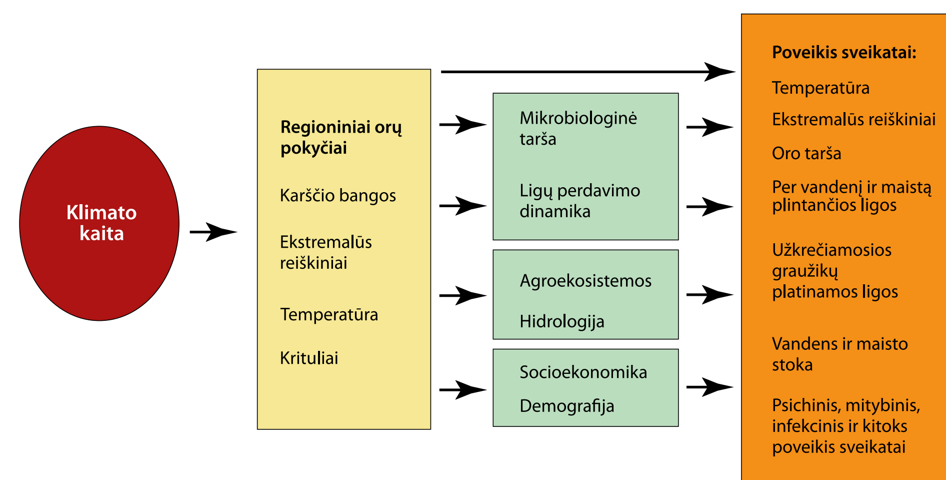
Klimato kaitos poveikis sveikatai siejamas su ekstremaliais gamtos reiškiniais (potvyniais, sausromis), karščio ir šalčio bangomis, oro, vandens ir maisto tarša bei užkrečiamosiomis ligomis. Klimato kaita daro didelę įtaką visuomenės sveikatos būklei. Ekstremalios orų sąlygos, klimato kaitos poveikis kokybiško maisto ir vandens tiekimui, susiję su globaliu atšilimu ekosistemų pokyčiai kelia grėsmę sveikatai. Klimato pokyčiams jautriausi yra vaikai ir vyresnio amžiaus žmonės. Taip yra dėl to, kad vyresnieji dažniau serga įvairiomis ligomis, o vaikų atsparumas aplinkos sąlygoms dar nėra susiformavęs. Geriausiai prie pasikeitusių orų sąlygų prisitaiko jauni sveiki žmonės.

Jau dabar klimatas ir orų sąlygos stipriai veikia sveikatą. Padidėjęs mirtingumas karščio bangų metu, gamtos katastrofos, pavyzdžiui, potvyniai, gyvybei pavojingos užkrečiamosios ligos, pavyzdžiui, maliarija, ir atsirandančios naujos infekcijos pasaulyje pasitaiko vis dažniau. Tebesitęsiantys ir net stiprėjantys klimato kaitos sukelti socialiniai ir aplinkos pokyčiai ateityje per mitybą, orą ir vandenį itin stipriai paveiks sveikatą. Šalys, kuriose mažiausiai išvystyta sveikatos apsaugos sistema ir infrastruktūra, su šiuo poveikiu susidoroti gali ir nepajėgti, jei imantis prevencinių priemonių ar reaguojant į klimato kaitos poveikį joms nebus suteikta pagalba.

Dideli trumpalaikiai temperatūros šuoliai taip pat gali paveikti sveikatos būklę – dėl jų poveikio kūno temperatūra gali staigiai padidėti (hipertermija) ar nukristi (hipotermija). Dėl didelių trumpalaikių temperatūros šuolių gali padažnėti mirštamumas nuo širdies ir kvėpavimo sistemos ligų. Pasaulyje karščio bangų ir jų sukeliamų sveikatos sutrikimų turėtų padaugėti. XX amžiaus paskutiniame dešimtmetyje apie 600 tūkst. žmonių mirčių buvo susijusios su orų poveikiu. Didžioji visų mirčių dalis (95 %) tenka mažiausiai išsivysčiusioms šalims.

Žiedadulkės ir kiti ore esantys alergenai taip pat siejami su ekstremaliais karščiais. Esami orų pokyčiai gali sukelti bronchinės astmos, nuo kurios pasaulyje kenčia daugiau kaip 300 mln. žmonių, paūmėjimą. Tikėtina, kad dažnai pasikartojantys karšti orai ateityje padidins šia liga sergančių žmonių skaičių ir naštą sveikatos apsaugos sistemai.

Kylantis vandenyno lygis – dar viena globalaus atšilimo pasekmė – didina pakrančių apsėmimo riziką ir gali lemti žmonių pasitraukimą iš tam tikrų



Klimato kaitos poveikio sveikatai schema (Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis)

teritorijų. Dabar daugiau kaip pusė planetos gyventojų gyvena pakrantėse, 60 km atstumu nuo kranto. Tiesioginis potvynių poveikis gali pasireikšti sužalojimais ir mirtimis bei padidėjusia infekcijų rizika dėl užteršto vandens ar užkratą platinančių gyvūnų. Stipriai svyruojantis kritulių kiekis gali sutrikdyti gėlo vandens tiekimą. Pasaulyje tinkamo vartoti vandens trūkumą junta keturi iš dešimties gyventojų. Tai padidina viduriavimo, kuris kiekvienais metais nusineša apie 2,2 mln. gyvybių, ir trachomos (akių infekcijos, kuri gali baigtis apakimu) bei kitų ligų riziką. Klimato sąlygos daro įtaką ligomss, plintančioms vandeniu, ir platinamoms užkrato platintojų, pavyzdžiui, moskitų. Be to, kiekvienais metais netinkama mityba nusineša milijonus gyvybių. Vien viduriavimas, maliarija ir baltyminio maisto stoka 2004 metais pasaulyje buvo daugiau kaip 3 mln. žmonių mirčių priežastis; daugiau kaip trečdalis šių žmonių mirė Afrikos žemyne.

Siekis sumažinti ŠESD emisijas ar silpninti klimato kaitos poveikį gali teigiamai paveikti sveikatą. Dažnesnis fizinis aktyvumas apskritai mažina mirčių tikimybę, o mažesni išmetamųjų dujų kiekiai gerina oro kokybę, kuri mažina kvėpavimo takų ir širdies ligų riziką.

Ar žinote, kad…

- Su orų sąlygomis susijusios ligos yra viena dažniausių mirčių priežasčių pasaulyje.
- Numatoma, kad klimato kaita 2030–2050 metais kasmet pareikalaus 250 tūkst. žmonių mirčių, kurias lems geriamojo vandens, maisto trūkumas, maliarija ir kitos priežastys.
- Sergančių sezoninėmis alerginėmis ligomis žmonių Europos šalyse yra 15–30 % ir labai sparčiai daugėja.

50 Kokias grėsmes klimato kaita kelia geriamojo vandens ištekliams?

Faktas
Jungtinių Tautų Organizacijos duomenimis, šiuo metu beveik 2 mlrd. pasaulio gyventojų, daugiausia Afrikos ir Azijos šalyse, kenčia dėl švaraus gėlo vandens stokos.

Per pastaruosius tris dešimtmečius keliuose pasaulio regionuose – Šiaurės Afrikoje, Arabijos pusiasalyje, Šiaurės Kinijoje, Pietų ir Vakarų Azijoje – vandens išteklių labai sumažėjo. Urbanizacija, maisto vartojimo pokyčiai, atliekos, pramoniniai teršalai, dar ir klimato kaita ėmė kelti grėsmę gėlo vandens ištekliams.

Pakankami vandens ištekliai yra 2–5 tūkst. m^3 vienam gyventojui per metus, jeigu tenka mažiau nei 1000 m^3, tokie vandens ištekliai yra labai maži. Lietuvoje vienam gyventojui per metus tenka 11–12 tūkst. m^3 vandens išteklių.

Vandens išteklių dėl didėjančios gyventojų populiacijos ateityje reikės dar daugiau. Jau kyla tiekimo problemų vandens telkinių baseinuose pietvakarinėje Jungtinių Amerikos Valstijų dalyje ir Pietų Europoje, nes dėl nuolatinių sausrų sumažėjo juos papildančio paviršinio vandens. Europos Komisijos duomenimis, mažiausiai 11 % Europos gyventojų ir 17 % Europos teritorijos jau dabar susiduria su problemomis, kilusiomis dėl vandens stokos. Dėl pailgėjusių sausrų anksčiau buvusiuose derlinguose regionuose nuostolių patiria ūkininkai ir nuo vandens priklausanti pramonė.

Klimato pokyčiai lemia sausras, staigius upių potvynius, kalnų ledynų tirpsmą. Kalnų ledynai ir upės – vienas didžiausių gėlo vandens išteklių visame pasaulyje. Pavyzdžiui, Alpės Europai teikia net 40 % gėlo vandens atsargų, todėl kokie nors pokyčiai jose gali sukelti sunkiai nuspėjamą žalą.

Nors sausros ir vandens stokos problemos tampa aktualios vis didesnei Europos daliai, apie 20–40 % Europos vandens išteklių vis dar išeikvojama be reikalo, pavyzdžiui, dėl nuotėkio vandens tiekimo sistemose.

Kylant oro temperatūrai vis sudėtingesnė situacija klostosi Europos pietuose – vandens atsargos mažėja, o žemės ūkis ir turizmas reikalauja vis daugiau vandens. Keturiose šalyse – Kipre, Maltoje, Italijoje ir Ispanijoje – jau dabar trūksta vandens, t. y. sunaudojamo vandens kiekis sudaro daugiau kaip 20 % esamų išteklių. Dėl klimato atšilimo šiose šalyse sumažės kritulių ir pakils temperatūra, taigi vandens dar labiau trūks. Vandens temperatūros kilimas ir senkančios upės turi neigiamos įtakos vandens kokybei. Gausėja ekstremalių ir staigių potvynių, taigi didėja lietaus nuotekų keliama tarša.



Per metus dėl nešvaraus vandens sukeliamų ligų miršta apie 7 mln. žmonių, iš jų 4 mln. vaikų iki penkerių metų amžiaus (sausra Kinijoje 2010 metų kovą)

Įvairių šalių mokslininkų atliktais tyrimais įrodyta, kad kintančios regioninio klimato sąlygos gali turėti rimtų padarinių vandens ištekliams, ypač sausringuose regionuose. Pavyzdžiui, metinei temperatūrai pakilus 1–2 °C ir 10 % sumažėjus kritulių, galima tikėtis 40–70 % metinio upių nuotėkio sumažėjimo regionuose, kuriuose drėgmės tam tikrą metų dalį trūksta. Jei šalis yra sauso klimato zonoje, vandens ištekliai gali sumažėti dar labiau.

Daugelis mokslininkų mano, kad efektyviausias būdas spręsti vandens stokos problemą yra taupymas. Atsižvelgiant į tai, kad 70 % gėlo vandens (Afrikoje – net 88 %) sunaudoja žemės ūkis, šia sritimi reikėtų pasirūpinti labiausiai.

Ar žinote, kad…

- Net 97,5 % pasaulio vandens yra sūrus, kol kas jis mažai naudojamas. Reikalingiausias ir vertingiausias yra gėlas vanduo, jo tėra 2,5 %, arba apie 35 mln. km^3.
- Afrikos vietovėse, kur nėra šulinio ar gręžinio, moterys ir vaikai vidutiniškai 3–4 val. per dieną skiria vandeniui parsinešti. Vandens stoka yra svarbi Afrikos ekonominio atsilikimo priežastis.
- JTO duomenimis, jeigu iki 2050 metų gyventojų skaičius pasaulyje padidės 2 milijardais, geriamojo vandens poreikis išaugs 55 %.

51 Kas pirmaus turizmo sektoriuje?

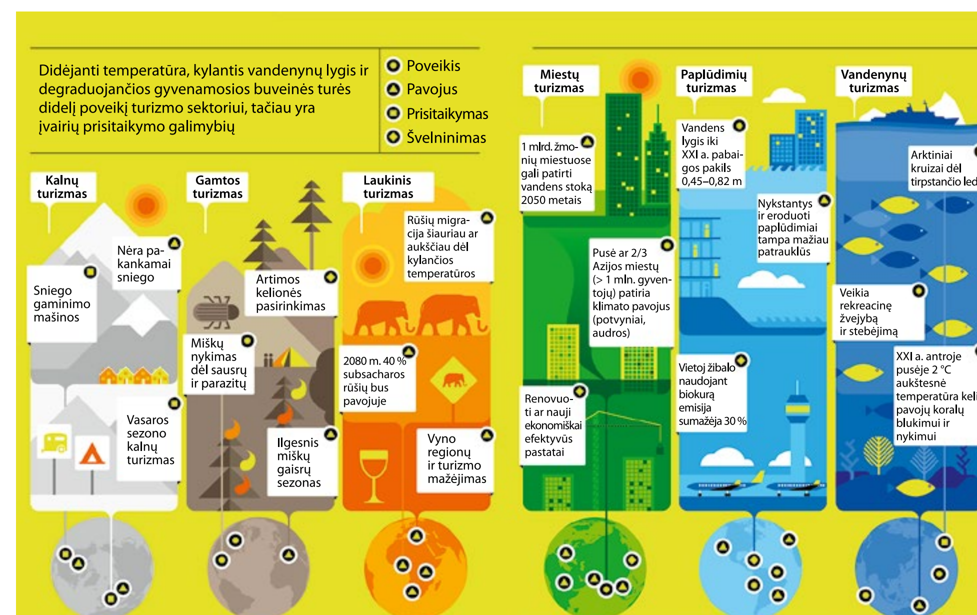
Faktas
Daugelis turizmo vietų pasaulyje ir Europoje jau netolimoje ateityje bus prarastos dėl besikeičiančio klimato, tačiau atsiras ir naujų turizmo zonų.

Remiantis 2015 metų duomenimis, pasaulyje kelionės ir turizmas sukūrė 7,2 trilijono JAV dolerių, arba 9,8 % viso BVP. Europa dėl patrauklaus kompleksinio gamtos ir kultūros potencialo pasaulyje yra populiariausias kelionės tikslas. Europos turizmo sektorius apima apie 10 % BVP. Orų sąlygos labai veikia turizmo infrastruktūros ir gamtos išteklius, kurie yra daugelio lauke vykdomų poilsio veiklų pagrindas. Klimato kaita – vienas svarbiausių ilgalaikių veiksnių, vis labiau veikiančių pasaulinę turizmo plėtrą. Nors globalus atšilimas turės teigiamos įtakos turizmui dėl ilgėjančio maudymosi sezono, palankesnių kaimo ir pajūrio turizmo plėtros galimybių, tačiau neigiamas jo poveikis gerokai viršys teikiamą naudą, nes įvyks šie pokyčiai:

- Pakils jūros lygis. Ilgainiui mažos salos ir pakrantės regionai bus apsemti, o nuo turizmo itin priklausomi regionai atsidurs dideliame pavojuje.
- Didės dykumėjimas ir vandens stoka. Regionai taps mažiau patrauklūs tiek vietiniams gyventojams, tiek turistams.
- Vyks medžių ir biojvairovės nykimas. Globalaus atšilimo poveikis egzistuojančioms ekosistemoms lems mažesnį žaliųjų zonų prieinamumą ir patrauklumą.
- Tirps sniego ir kalnų ledynai. Labai stiprus globalaus atšilimo poveikis kalnų ir slidinėjimo kurortams lems didelius jų lokalizacijos pokyčius, nes šiai veiklai reikės ieškoti tinkamiausių sąlygų.

Dar 2008 metais Pasaulinės turizmo organizacijos ir Jungtinių Tautų Aplinkos apsaugos programos paskelbtoje studijoje analizuota, kaip turizmas pasaulyje keisis priklausomai nuo klimato kaitos. Nustatyta, kad turizmo įtaka klimato kaitai yra didelė ir ateityje tik didės. Prie klimato kaitos prisideda visos transporto priemonės, kuriomis keliauja turistai, apgyvendinimo įstaigoje suvartojama energija ir kita.

Daugiausia naudos iš klimato kaitos turės šiauriau esančios valstybės, o pietinės valstybės patirs didesnių nuostolių. Remiantis įvairių tyrimų duomenimis, dėl per aukštos temperatūros vasarą labiausiai nukentės Europos pietiniai regionai ir kalnų regionai žiemą – dėl nepakankamos sniego dangos ir teigiamos temperatūros. Baltijos jūros regione klimato kaitos poveikis turizmui turės tiek teigiamų, tiek ir neigiamų pasekmių – pablogės sąlygos žiemos turizmui, o pagerės – vasaros. Lietuvoje klimato sąlygos turizmui plėtoti gerės. Nors klimato



Klimato kaitos poveikio, pavojų, prisitaikymo ir švelninimo turizmo sektoriuje vertinimas (IPCC duomenimis, 2013)

kaitos poveikis turizmui labiau pasireikš šaltuoju metų laiku ir bus stipresnis žemyninėje Lietuvos teritorijos dalyje, pajūrio regionas taip pat pajus šios kaitos pasekmes. Kylant oro temperatūrai ir padaugėjus saulėtų dienų, pailgės vasaros turizmui palankus sezonas, pajūrį tai padarys patrauklesnį ir pritrauks daugiau poilsiautojų.

Siekiant švelninti klimato kaitą ar prisitaikyti prie galimo jos poveikio ateityje, daugelis Europos šalių jau yra parengusios prisitaikymo prie klimato kaitos strategijas, skirtas įvairiems sektoriams. Šiose strategijose dažniausiai daug dėmesio skiriama klimato kaitos poveikiui žiemos ir vasaros turizmui.

2017 metais Lietuvoje parengtos savivaldybių prisitaikymo prie klimato kaitos gairės turizmo sektoriuje.

Ar žinote, kad…

- Dėl kylančios oro temperatūros ir palyginti retų ekstremalių orų sąlygų Baltijos jūros regionas taps itin patrauklia vieta atostogauti.
- Kylančio vandenyno lygio pažeidžiamose salų valstybėse, pavyzdžiui, Maldyvuose, Seišeliuose, Antigvoje ir Barbudoje, turizmas sudaro > 50 % BVP.
- Dėl turizmo į atmosferą išmetama apie 5 % pasaulinio CO_2 kiekio, o ateityje (pagal kai kurias ŠESD RCP prognozes) šis skaičius gali padvigubėti.

52 Ar ateityje keleivių ir krovinių pervežimai gali tapti pavojingesni?

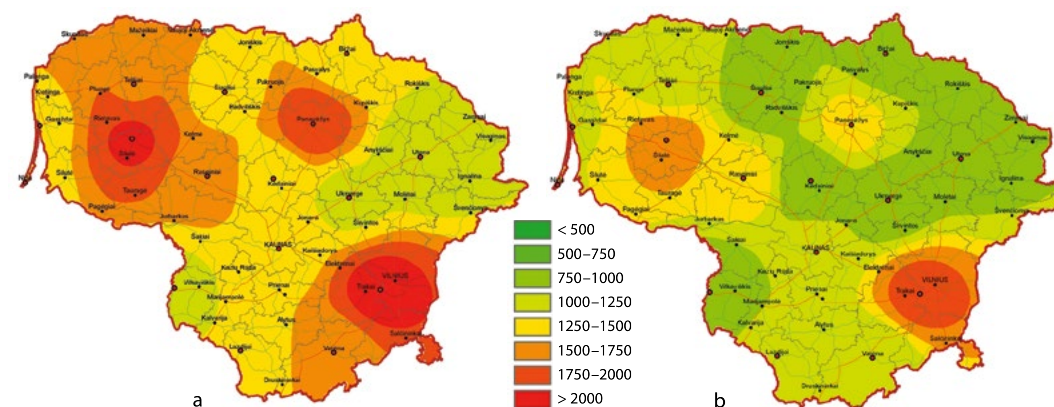
Faktas
Dažnėjančios ir intensyvėjančios ekstremalių orų sąlygos ateityje sukels dažnesnius sausumos, jūrų ir oro transporto sistemų trikdžius.

Transportas (automobilių ir geležinkelių, jūrų ir vidaus vandenų bei oro) yra labai svarbus veiksnys, būtinas ekonominėms ir socialinėms funkcijoms užtikrinti. Kadangi daugelis transporto sistemos dalių (transporto priemonės, infrastruktūra, valdymas ir pervežami objektai) yra glaudžiai susijusios su oro sąlygomis, labai svarbu žinoti, kokias grėsmes kelia besikeičiantis klimatas ir kaip prie jų prisitaikyti. Europos aplinkos agentūra išskiria svarbiausius klimato kaitos iššūkius:

- Kylanti temperatūra ir pailgėję karščio bangų laikotarpiai padidins geležinkelio bėgių deformacijas, sukels terminį tiltų jungčių ir kelių dangos plėtimąsi, privers trumpinti kelių remonto darbų laiką bei pablogins keleivių terminį komfortą transporto priemonėse.
- Ekstremalių orų sąlygų (gausių liūčių, audrų) sukelti potvyniai ir nuošliaužos lems dažnesnį kelionių atidėjimą, kelių išgraužas, infrastruktūros pažeidimus bei apylankų poreikį.
- Kylantis jūros lygis pajūrio regionuose paveiks uostus ir kitą transporto infrastruktūrą bei paslaugas. Taip pat jis lems žemai esančių kelių užtvindymą ir kelių sankasų eroziją.
- Kintantis vėjo režimas, oro uostų infrastruktūros užtvindymas bei ekstremalios orų sąlygos paveiks oro transportą. Be to, papildomą pavojų lėktuvams kels dažnesnės perkūnijos bei jų sezono pailgėjimas.

Vertinant klimato kaitos poveikį transportui būtina paminėti kintantį ledo režimą ir uraganus. Labai tikėtina, kad Arkties regiono šilimas lems reikšmingus įšalo formavimosi ir tirpimo ciklo pokyčius. Kelių projektuotojai privalės atsižvelgti į kintančias sąlygas ir keliams parinkti tinkamas medžiagas, kurios galės atlaikyti staigius temperatūros pokyčius. Įšalo tirpimas lems žemės pagrindo po automobilių keliais ir geležinkeliais deformacijas bei nusėdimą. Padidėjęs uraganų, ypač 4–5 kategorijos, intensyvumas sukels pavojų tiltų stabilumui, lems kelių užvertimą nuolaužomis, kelionės trikdžius bei išaugusį evakuacijos maršrutų poreikį.

Dėl tobulesnių technologinių procesų (išmanieji transporto keliai ir priemonės) ir geresnių orų sąlygų Lietuvoje tikėtinas padidėjęs saugumas keliuose bei didesnis eismo dalyvių mobilumas ir produktyvumas. Avarijų skaičius vidutinių platumų keliuose, nulemtas sudėtingų žiemos orų sąlygų, iki 2040–2070 metų,



Potencialus nepalankių eismui meteorologinių sąlygų sukeltas avaringumas 1960–1990 metais (a) *ir prognozuojamas 2080 metais* (b) *(pagal A2 klimato kaitos scenarijų). Avaringumo lygio santykinės reikšmės: iki 1250 – žemas, 1250–1750 – vidutinis ir daugiau kaip 1750 – aukštas*

palyginti su 2007 metais, turėtų sumažėti 63–70 %. Tikėtina, kad bendras ir orų sąlygų paveiktas avaringumas mažės ir Lietuvoje, tačiau visada išliks ekstremaliai pavojingų reiškinių – rūko, plikledžio, lijundros, liūtinio lietaus – tikimybė, galėsianti paveikti oro ir sausumos transporto eismą.

Žiemą esant aukštesnei oro temperatūrai sumažės išlaidų automobilių kelių, geležinkelių, oro uostų bei uostų priežiūros darbams. Tačiau pakilus žiemos temperatūrai, tikėtina, kad padažnės ypač nepalankūs kelio dangai (nuolatinis užšalimo ir atitirpimo ciklas), transportui (apledėjimo tikimybė esant drėgnai kelio dangai) temperatūros svyravimai (apie 0 °C).

Kelių ir geležinkelių transportas labai priklauso nuo tiltų ir jų būklės. Europoje, siekiant pritaikyti tiltų infrastruktūrą prie galimo klimato kaitos poveikio, gali prireikti 320–460 mln. eurų per metus. Lietuvos pajūryje padažnėjus vakarų krypčių vėjams bei stiprioms audroms gali išaugti kelių infrastuktūros priežiūros kaštai, o dėl pakilusio Baltijos jūros lygio pajūrio miestuose gali sutrikti kanalizacijos sistemų funkcionavimas ir iškilti gatvių užtvindymo pavojus.

Ar žinote, kad…

- Transporto sektorius yra vienas didžiausių oro teršėjų Europoje – remiantis 2015 metų duomenimis, transporto išmetamųjų dujų emisijos sudarė 20,4 % bendro ŠESD kiekio (Lietuvoje – 25,4 %).
- Lijundros metu įvykstančių eismo įvykių skaičius Lietuvoje, palyginti su įprastinėmis orų sąlygomis, gali padidėti daugiau nei 4 kartus.

53 Kas sieja finansininkus ir klimatologus?

Faktas
Finansinių paslaugų teikėjai tampa vis labiau priklausomi nuo stichinių meteorologinių reiškinių.

Bankininkai, investuotojai ir draudikai siekia gauti kuo daugiau informacijos apie klimatą ir orų sąlygas, kad būtų pasirengę rinkų svyravimams, susijusiems su vandenyno lygio kilimu, potvyniais, sausromis, nuošliaužomis ir kitais ekstremaliais orų ir klimato reiškiniais. Su jais susijusi finansinė rizika dėl klimato kaitos nuolat didėja, todėl finansų pasauliui reikalinga kuo tikslesnė ir išsami informacija apie klimatą. Deja, šios informacijos dar trūksta. Pavyzdžiui, 89 % Afrikos žemyne interesų turinčių finansinių grupių mano, kad nepakanka informacijos apie regioninę ir vietinę klimato sąlygų keliamą riziką. Didžiausia su klimatine informacija susijusi finansinė rizika Afrikoje būdinga žemės ūkiui, po jo eina energetika, statybos, infrastruktūra, atsinaujinantieji energijos ištekliai, nafta ir dujos, komunalinis ūkis, kasybos pramonė, turizmas, transportas, chemijos pramonė, finansai ir sveikatos apsauga. Kituose žemynuose šis eiliškumas gali būti kitoks.

Klimato veiksniai nė kiek ne mažiau nei ankstesniais amžiais lemia gamtos procesų, socialinių veiksmų ir elgsenos sąsajas. Jos pasireiškia daugelyje finansinės veiklos segmentų ir, savaime suprantama, prisideda prie „nelygių galimybių“ formavimosi įvairiuose Žemės regionuose.

Finansų sektorių sudaro bankai, draudimo, investicines paslaugas teikiančios ir mišrios veiklos finansų kontroliuojamosios (holdingo) įmonės. Šis sektorius yra ne tik ūkio plėtros atspindys, bet ir veiksnys. Akivaizdu, kad valstybės, turinčios gerai išplėtotą finansų sistemą, lengviau susidoroja su gamtos stichijų daromos žalos padariniais.

Vertybinių popierių rinka irgi neapsaugota nuo gamtos stichijų. Ilgalaikės orų anomalijos arba konkurencijai nepalankus vietinis klimatas neigiamai veikia kolektyvinio investavimo įmonių tinklo steigimąsi ir plėtrą, turi įtakos teisinei ir mokestinei sistemai, mažina rinkos likvidumą. Todėl orai ir klimatas gali turėti įtakos investuotojų apsisprendimui (ne)investuoti, tačiau investuotojai dažnai nežino apie esamą klimatinę informaciją arba mano ją esant nereikšmingą.

Klimato kaitos tendencijos ir gamtos išteklių eikvojimas dar labiau pabrėžia būtinybę užtikrinti tvarią ūkio plėtrą – siekiama daugiau investuoti į mažai CO_2 išskiriančią energetiką, energijos bei išteklių vartojimo efektyvumą ir infrastruktūrą, nenukrypstant nuo svarbiausio politinio tikslo – klimato atšilimas XXI amžiuje neturi viršyti 1,5–2 °C.



Škvalo, siautusio Lietuvoje 2016 metų birželio 17 dieną, padariniai (Eriko Ovčarenko nuotrauka, 15min.lt). Vėjo gūsiai vietomis siekė 25–27 m/s. Vien bendrovės „Lietuvos draudimas“ klientams padaryta žalos už 300 tūkst. eurų

Draudimo paslaugos – vienos sudėtingiausių iš visų finansinių paslaugų. Pasaulinė draudimo paslaugų statistika rodo, kad 50–90 % visų draudimo išmokų (nelygu šalis) yra susijusios su meteorologiniais reiškiniais. Tai žala, kurią padaro audros, uraganai, sausros, potvyniai, šalnos, kruša, speigai, stiprus vėjas, lijundra, rūkas, perkūnija ir kita. Draudimo paslaugų vartotojams ypač sunku įsivaizduoti grėsmę, kuri dar nebuvo pasireiškusi. Kai kalbame apie klimato kaitą, numatyti ateitį remiantis vien netolimos praeities įvykiais būtų klaidinga. Meteorologai kasmet praneša apie naujus karščių, kritulių ar vėjo rekordus. Todėl reikėtų perimti iš klimatologų naują rizikos vertinimo nuostatą: jeigu koks nors reiškinys iki šiol dar nebuvo užregistruotas, tai nereiškia, kad artimiausiu metu jo nebus.

Ar žinote, kad…

- XX amžiaus pabaigoje visame pasaulyje ėmė sparčiai daugėti gamtinių katastrofų, dėl kurių draudimų bendrovės patyrė nuostolių daugiau kaip už 1 mlrd. JAV dolerių. Iki 1987 metų nė vienos katastrofos sukelti nuostoliai draudikams neperžengė 1 mlrd. JAV dolerių ribos.
- 2010–2014 metais audros Lietuvos gyventojams pridarė nuostolių maždaug už 3 mln. eurų, t. y. net 75 % daugiau nei per ankstesnį penkerių metų laikotarpį 2005–2009 metais.

54 Kas keičiantis klimatui laukia Lietuvos žemės ūkio?

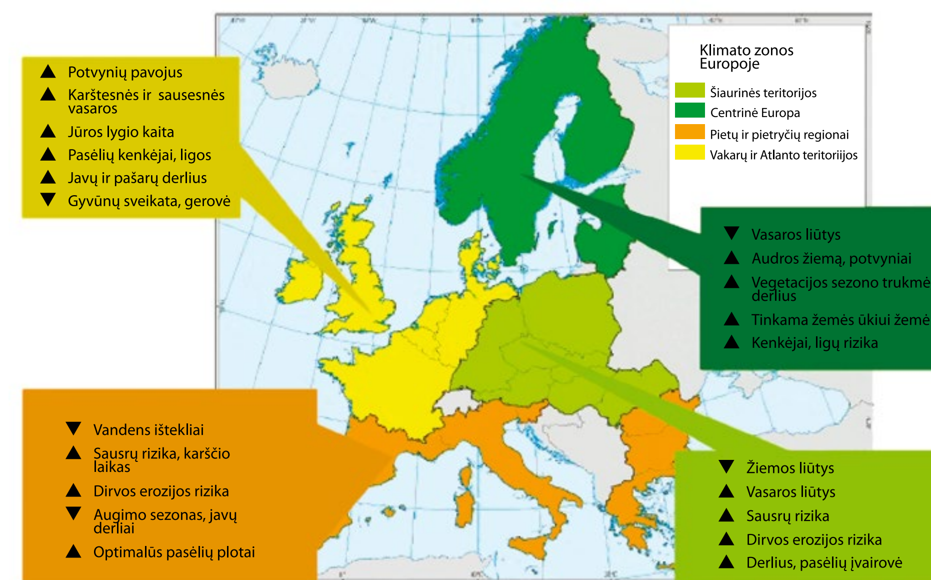
Faktas
Temperatūros didėjimas 1–3 °C lems gausesnį derlių, o dėl pailgėjusio vegetacijos sezono padidės žemės ūkio pasėlių plotai, tačiau kartu plis naujos ligos ir kenkėjai.

Žemės ūkis yra vienas jautriausių sektorių klimato kaitos poveikiui, nes ūkininkavimas tiesiogiai susijęs su klimato sąlygomis. Taip pat žemės ūkis yra vienas didžiausių ŠESD šaltinių pasaulyje, ir jo įtaka nuolat auga. Tačiau žemės ūkis, mažinant ŠESD emisijas (jei bus naudojamos švaresnės technologijos, trumpinami pervežimo atstumai) ir vykdant CO_2 sekvestraciją (CO_2 kaupimą neorganinių karbonatų forma) augaluose, gali padėti išspręsti problemas – tai leistų išvengti neigiamo poveikio svarbiems maisto gamybos procesams.

Pasėliams augti reikalingas tinkamas dirvožemis, vanduo, šiluma ir saulės šviesa. Aukštesnė oro temperatūra didžiojoje Europos dalyje jau prailgino vegetacijos sezono trukmę. Augalų žydėjimas ir derliaus nuėmimas dabar vyksta keliomis dienomis ankščiau. Šiaurės Europoje vegetacijos laikotarpis ilgėja vidutiniškai 8 dienomis per dešimtmetį. Panašios tendencijos daugelyje regionų išliks ir ateityje. Šiaurės Europos žemės ūkio produktyvumas turėtų padidėti dėl pailgėjusios vegetacijos laikotarpio ir laikotarpio be šalnų, o aukštesnė temperatūra ir ilgesnis sezonas leis auginti naujas augalų veisles.

Europoje prognozuojami klimato pokyčiai žemės ūkyje paveiks javų derlių, gyvulininkystę ir gamybą. Dėl didėjančios ekstremalių meteorologinių reiškinių tikimybės ir didesnio jų stiprumo labai padidės rizika prarasti pasėlius. Klimato kaita turės įtakos ir dirvožemiui, nes nyks organinės medžiagos, nuo kurių labiausiai priklauso jo derlingumas. Daugiau kaip 80 % žemės ūkio paskirties žemės drėkinama lietumi. Dėl klimato kaitos labai pasikeis vandens išteklių kokybė ir galimybė jais naudotis – tai turės įtakos daugeliui sričių, įskaitant žemės ūkį. Tikėtina, kad Baltijos jūros rytinėje pakrantėje padažnės stiprios audros ir lietaus sukelti staigūs poplūdžiai, kurie daugiausia pasireikš žiemos sezoną. Remiantis 2012 metų Europos Komisijos Jungtinių tyrimų centro (žr. ec.europa.eu/jrc/en) inicijuoto AVEMAC projekto ataskaita, Lietuvoje, kaip ir didžiojoje žemyninės Europos dalyje, ateityje tikėtini šie žemės ūkį paveiksiantys pokyčiai:

- pailgėsianti augalų vegetacijos trukmė;
- pasėlių produktyvumo ir išplitimo pokyčiai;
- dėl kylančios temperatūros padidėsiantis pasėlių produktyvumas;



Atsižvelgiant į žemės ūkio sektoriaus specifiką prognozuojamas klimato kaitos poveikis įvairiuose ES regionuose (Žemės ūkio ir kaimo plėtros generalinio direktorato duomenimis)

- sumažėsiantis pasėlių produktyvumas dėl kenkėjų ir ligų skaičiaus;
- nykstant dirvožemiui sumažėsiantis pasėlių produktyvumas;
- žieminių kviečių derliaus padidėjimas daug maisto medžiagų turinčiame dirvožemyje;
- vasarinių kviečių derliaus sumažėjimas dėl sumažėjusio kritulių kiekio.

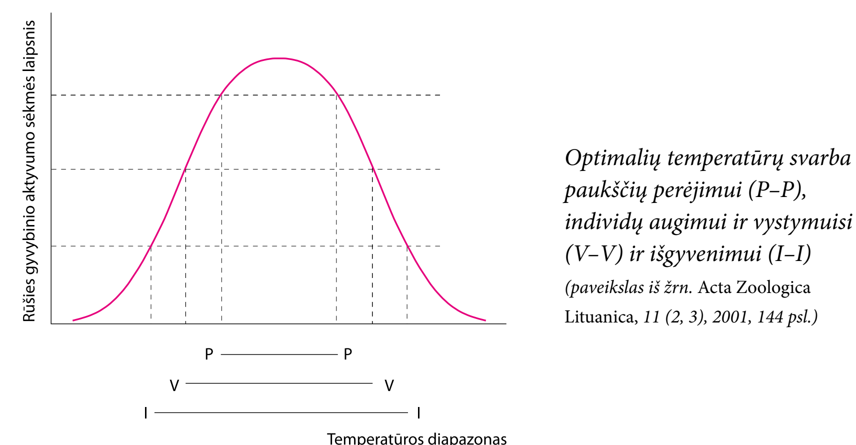
Ar žinote, kad…
- Žemės ūkis yra vienas didžiausių klimato teršėjų Lietuvoje – remiantis 2015 metų duomenimis, jam tenka apie 23 % bendro išmetamų ŠESD kiekio (ES – apie 10 %).
- Iki 2080 metų žemės ūkio augalų vidutinis derlingumas dėl klimato pokyčių Europos šiaurinėje dalyje ir Lietuvoje gali padidėti apie 10 %, o pietinėje Europos dalyje – tiek pat sumažėti. Visuose regionuose didės ekstremalių meteorologinių reiškinių daroma žala.
- Vidutinei oro temperatūrai pasaulyje pakilus 4 °C ir daugiau žmonijai gresia didelis maisto stygius.
- 2017 metais Lietuvoje dėl lietingų orų kritulių kiekis rugsėjo–spalio mėnesį klimatinę normą viršijo daugiau kaip 2 kartus, ūkininkai patyrė nuostolių už daugiau kaip 40 mln. eurų.

Klimato kaitos poveikis biologinei įvairovei

55 Kiek svarbus klimatas biologinei įvairovei funkcionuoti?

Faktas
Klimatas yra vienas svarbiausių ekologinių veiksnių, ribojančių gyvybę ir biologinę įvairovę mūsų planetoje.

Nesvarbu, kur rūšys gyvena, visos jos labai jautriai reaguoja į klimato pokyčius. Pagrindiniai klimato veiksniai, lemiantys gyvybės formavimąsi ir paplitimą planetoje, yra temperatūra ir drėgmė (krituliai). Temperatūros įtaka įvairioms rūšims gali pasireikšti esant bet kuriai jų metinio gyvenimo ciklo fazei ir gali paveikti išgyvenamumą, dauginimąsi, vystymąsi, konkurenciją su kitomis rūšimis; temperatūra taip pat paveikia plėšrūnų ir parazitų veiklą, ligas, ekosistemų ir buveinių suteikiamas sąlygas. Arealų paplitimas dažniausiai sutampa su rūšių ar populiacijų temperatūrų optimumais. Supaprastintame paveiksle parodyta, kad tam tikros paukščių rūšies ar populiacijos individams sėkmingai egzistuoti gyvybiškai svarbus temperatūros diapazonas yra: siauriausias perėti (P–P), platesnis – individui augti ir vystytis (V–V) ir plačiausias – išgyventi (I–I). Ne mažiau svarbūs paukščių perėjimo arealo dydžiui ir vietai yra drėgmė ar krituliai, jų veikimas kartu su temperatūra ar kelių gyvybę ribojančių veiksnių bendras poveikis. Drėgmė ar krituliai yra svarbesni sausumoje. Afrikos Sahelio regione žiemojančių paukščių populiacijų gausa perėjimo teritorijose kinta pagal šią schemą: mažas kritulių kiekis žiemavietėse → prastėjantis apsirūpinimas maistu žiemą → sumažėjęs išgyvenamumas žiemavietėse → sumažėjęs perinčių populiacijų skaitlingumas Europoje. Pavyzdys gali būti baltojo gandro populiacijos, perinčios Europoje, skaitlingumo svyravimų priklausomybė nuo Afrikos Vakarų Sahelio kritulių kiekio. Afrikos žiemavietėse kritulių kiekiui mažėjant, nuo 1960 metų sumažėjo Vakarų Europoje perinčių gandrų skaičius. 1984–1994 metais Vakarų Sahelyje iškrintančio lietaus kiekiui pradėjus didėti, net 50 % padidėjo ir Vakarų Europos baltųjų gandrų populiacijos. Pažymėtina, kad aukštesnėse ir vidutinėse platumose vienas svarbiausių veiksnių yra oro temperatūra, o žemesnėse – krituliai ir vandens prieinamumas kartu su santykinai aukštesnėmis temperatūromis.



Optimalių temperatūrų svarba paukščių perėjimui (P–P), individų augimui ir vystymuisi (V–V) ir išgyvenimui (I–I) *(paveikslas iš žrn.* Acta Zoologica Lituanica, *11 (2, 3), 2001, 144 psl.)*

Klimatas ir nuo jo priklausantys veiksniai lemia nevienodą paukščių migracijos pasireiškimą įvairiose mūsų planetos vietose. Migracija geriau išreikšta ten, kur kontrastas tarp vasaros ir žiemos, sausringojo ir lietingojo sezonų klimato sąlygų yra didesnis. Šiaurės pusrutulyje migracija stiprėja einant į šiaurę ir silpsta pusiaujo link. Pietų pusrutulyje stebimas atvirkščias dėsningumas – migracija tarp rūšių ar jų populiacijų stiprėja pietų kryptimi ir silpsta pusiaujo link. Taigi klimato kaita veikia planetos biologinę įvairovę, keičia rūšių arealus, lemia populiacijų būklę ir gausumą įvairiose jų užimamų arealų dalyse, jų paribiuose, keičia paukščių bendrijas ir jų rūšių struktūrą. Klimato kaita veikia paukščius per jų buveinių pokyčius dėl jūros lygio kilimo, kylančių gaisrų, augalijos kaitos ar pakitusios žmogaus ūkinės veiklos. Jūros lygio kilimas ir audrų intensyvėjimas ardo pakrančių ekosistemas ir buveines, o augalijos kaita ir buveinių sausėjimas ar dykumėjimas lemia didesnį jų pažeidžiamumą kilus gaisrams.

Ar žinote, kad…

- Migruojančių paukščių rūšių, kurios peri Vakarų Europoje ir Šiaurės Afrikoje, dalis svyruoja nuo 29 % 30° šiaurės platumoje Šiaurės Afrikoje iki 83 % rūšių 80° šiaurės platumoje Svalbarde (1,3 % perinčių rūšių vienam platumos laipsniui).
- Migruojančių paukščių rūšių, kurios peri Šiaurės Amerikoje, dalis svyruoja nuo 12 % 25° šiaurės platumoje iki 87 % rūšių 80° šiaurės platumoje (1,4 % perinčių rūšių vienam platumos laipsniui).
- Tokie migruojančių paukščių rūšių skirtumai Senajame ir Naujajame Pasaulyje priklauso nuo Atlanto vandenyno vakarinėje ir rytinėje (šildomoje galingos Golfo srovės) dalyse vyraujančių sąlygų.

56 Kokiu būdu – tiesiogiai ar netiesiogiai – klimato kaita veikia paukščių rūšis ir populiacijas?

Faktas
Dažnesnis yra netiesioginis klimato kaitos poveikis, lemiantis rūšių ir populiacijų didėjimą, mažėjimą ar išnykimą.

Šylant planetos klimatui, ašigaliuose ir kalnuose tirpsta ledynai, šyla vandenynai, kyla jūros, užliejančios paukščių gyvenamas pakrančių teritorijas, lygis, dažnėja audrų ir uraganų, karščio bangų, sausrų ir potvynių, keičiasi ekosistemos, augalija ir buveinės. Dažniau stebimas netiesioginis klimato kaitos poveikis rūšims pasireiškia per ekosistemoje egzistuojančius ryšius, mitybos grandines, buveinių pokyčius, maisto atsargų gausos ir prieinamumo svyravimus, veisimosi laiko pasirinkimo derinimą su maisto gausos pikais. Klimato kaita netiesiogiai veikia ir per reprodukcinių, veisimosi ir demografinių parametrų kitimą, lemdama jauniklių išgyvenamumą, mirtingumą, keisdama migravimo ir sėslumo reiškinį, perėjimo arealų dydžius, migracinio sustojimo vietas ar žiemavietes, rūšių populiacijų dinamiką ir rūšių bendrijų struktūrą, per konkurentų, plėšrūnų, ligų sukėlėjų, imuninių funkcijų, fiziologijos pokyčius. Tiesioginis klimato kaitos poveikis pasireiškia tada, kai, padaugėjus karščio bangų ir ekstremalių orų (audrų, uraganų, tornadų, liūčių) atvejų, paukščiai žūva perėjimo, migracijos ar žiemojimo vietose.

Migracijų laikotarpiais netiesioginis poveikis paukščiams pasireiškia per maisto šaltinius, randamus migracinio sustojimo vietose bei žiemavietėse ir priklausančius nuo klimato. Tiesioginis klimato kaitos poveikis pasireiškia per klimato ir įvairių orų sudaromas palankias ar nepalankias migracijai sąlygas, lengvinančias ar sunkinančias skrydį, paveikiančias aerodinamiką, energijos tausojimą, orientaciją ar navigaciją. Migracijos sėkmė dažnai tiesiogiai priklauso nuo skrydžiui tinkamų aplinkos sąlygų. Užfiksuota daugybė atvejų, kai migraciniame kelyje staiga pasikeitusios orų sąlygos lemia masinę paukščių žūtį. Didesni pavojai tyko smulkesnių migruojančių paukščių, palyginti su stambesniais, taip pat tų, kurie migruoja didesniais atstumais, palyginti su netoli skrendančiais, ir skrendančių virš ekologiškai nesvetingų teritorijų ir patekusių į teritorijas, kuriose orų sąlygos yra nepalankios.

Bene didžiausią pavojų migruojantiems paukščiams kelia staiga pasikeitę orai. Galbūt todėl paukščiai migracinį skrydį pradeda esant itin geriems orams, taip užsitikrindami palankias sąlygas virš didesnės migracinio kelio atkarpos.



Paukščių migracijos tyrimams Lietuvoje naudojamos naujausios technologijos – mažasis erelis rėksnys su ant nugaros įtaisytu siųstuvu (Mindaugo Dagio nuotrauka). 2014 metais per rudeninę migraciją šis paukštis pasiekė Keniją (Afrikoje)

Skrisdami virš sausumos paukščiai, susiradę slėptuvių ar užuovėją, gali lengviau išvengti daugelio nepalankių orų reiškinių, tačiau skrisdami virš jūrų ir vandenynų jie tuo pasinaudoti negali. Yra atvejų, kai jūra išmetė į krantą net 200 tūkstančių ir 750 tūkstančių žuvusių paukščių migrantų. Paukščių žūtys dažniausiai registruojamos migracijos skrydžio metu, tik atvykus į perėjimo teritorijas arba iš jų pasitraukus.

Ar žinote, kad…

- 1904 metų kovo mėnesį JAV, Minesotoje, žuvo apie 1,5 mln. laplandinės pentinuotosios startos individų, patekusių į pavasarinę sniego audrą.
- 1974 metais Centrinėje Europoje, Alpių regione Šveicarijoje, Austrijoje ir Pietų Vokietijoje, žuvo šimtai tūkstančių kregždžių, o 2 mln. gyvų paukščių lėktuvais buvo nuskraidinti į Italiją.
- 1986 metų balandžio 10–15 dienomis stipraus atšalimo ir siautusių sniego audrų metu Lietuvoje registruotos masinės jau atskridusių paukščių žūtys. Žuvo tūkstančiai paprastųjų kikilių, geltonųjų startų, dirvinių vieversių, dūminių raudonuodegių, paprastųjų kūltupių, liepsnelių, pilkųjų pečialindų, strazdų giesmininkų, juodųjų strazdų, baltųjų kielių, varnėnų, pempių ir kitų paukščių.
- 1993 metų balandžio 8 dieną JAV virš Luizianos praūžęs tornadas pražudė 40 tūkst. migruojančių paukščių, priklausančių 45 rūšims, kai po nakties skrydžio virš jūros šie paukščiai artėjo prie kranto.

57 Ar vos 1 °C atšilęs klimatas daro įtaką biologinės įvairovės gyvavimui ir išlikimui?

Faktas
Klimato atšilimas 1 °C daro stiprų poveikį biologinei įvairovei.

Augalų ir gyvūnų rūšims esant glaudžiai susijusioms mitybos grandinėmis[1], per klimato atšilimą įvykę pokyčiai ardo ekosistemose nusistovėjusią pusiausvyrą. Keičiantis klimatui yra pažeidžiama paukščių sezoninė vienovė su ekosistemomis ir bendrijomis, paukščiai keičia migracijos ir veisimosi laiką. Jo ankstėjimas, prilygstantis savaitei ir ilgesniam laikotarpiui, yra svarbus, nes atskridimas ir perėjimas turi derėti su atsargų gausa ir optimaliais sezoniniais reiškiniais. Kai kurios paukščių grupės geba derinti atvykimo laiką su maisto šaltinių pikais, plėšrūnai priderina jį prie aukų gausumo ir prieinamumo, jūriniai paukščiai derina atvykimo laiką su smulkių žuvų gausa, o Arktyje perintys vandens paukščiai ir tilvikiniai – su laikotarpiais, kai ištirpsta sniegas ir atsiranda maisto. Esant tokiam derinimui svarbu, kad rūšių poreikių pikai sutaptų su optimaliomis aplinkos sąlygomis.

Jei rūšys negali prisitaikyti prie ekosistemoje vykstančių pokyčių ir laiko, jų populiacijos nukenčia. Pavyzdžiui, atšilus klimatui drastiškai mažėja endeminės eglinio kryžiasnapio rūšies, kuri gyvena JAV Pietų Aidaho valstijos pietuose, populiacija, nes mažėja suktaspyglės pušies sėklų kiekis. Klimato kaita, dėl kurios sumažėjo ilgakojų uodų, daro neigiamą poveikį dirvinio sėjiko, paprastosios žvyrės škotiškojo porūšio, paprastosios sniegstartės ir eurazinio mornelio populiacijoms – jos mažėja.

Europoje atlikti tyrimai rodo, kad dabartinis klimato atšilimas optimalius sezoninius reiškinius veikia skirtingai. Šie fenologiniai reiškiniai ankstėja 0,39 dienos, antrinio konsumento didžiosios zylės veisimasis – 0,22 dienos, pirminio konsumento vikšro gausumo pikai – 0,43 dienos, o pirminio producento ąžuolo lapų skleidimasis – 0,4 dienos per metus. Nevienodai keičiantis mitybos grandinių komponentams, netinkamai pasirenkamas metinio gyvenimo ciklo

[1] Mitybos grandines sudaro įvairūs komponentai: producentai (gamintojai) ir konsumentai (vartotojai). Producentai – žalieji augalai (autotrofai), kurie patys gamina maisto medžiagas. Konsumentai – organizmai (daugiausia gyvūnai), kurie nesintetina (kaip augalai) organinių junginių iš neorganinių, bet minta kitais organizmais (heterotrofai; skirstomi į žolėdžius gyvūnus, augalų parazitus, mėsėdžius gyvūnus, kurie minta kitais mėsėdžiais). Žolėdžiai (mintantys augalais) gyvūnai priskiriami pirminiams konsumentams, mėsėdžiai gyvūnai – antriniams konsumentams, o plėšrūnai, mintantys antriniais konsumentais, – tretiniams konsumentams.



Vabzdžių, aprūpinančių paukščius maistu, gausos pikai susiję su ankstyvu augalų žydėjimu, nulemtu klimato atšilimo
(Mečislovo Žalakevičiaus nuotrauka)

komponentų laikas – dėl to rūšis daugiau ar mažiau nukenčia. Pavyzdžiui, Nyderlanduose perinčios margasparnės musinukės maisto gausos pikams dėl klimato atšilimo pasislinkus 2 savaitėmis, ši rūšis nesugeba derinti savo reprodukcijos ir migracijos laiko. Nepakankamai paankstėjęs pavasarinio atskridimo laikas ir tik 7 dienomis paankstėjęs kiaušinių dėjimo laikas neigiamai paveikė rūšies populiacijas.

Klimato kaita gali veikti ir paukščių bendrijų struktūrą – ją ardyti. Reaguodamos į atšilusį klimatą, bendrijas sudarančios rūšys keičia savo arealus. Tačiau ši kaita bendrijoje vyksta nevienodai. Įvairios rūšys ir jų populiacijos traukiasi skirtingais atstumais – priklausomai nuo to, kaip rūšis reaguoja į klimato kaitą, taip pat jos judrumo gebėjimų, gyvenimo trukmės, maisto gausos pokyčių masto. Dėl to kinta bendrijų struktūra, senosios bendrijos suardomos, keičiasi ir konkurencija tarp rūšių, kinta plėšrūnai, aukos, parazitai, prie kurių tenka prisitaikyti iš naujo.

Ar žinote, kad…

- Pavasarį 1 °C padidėjusi kovo mėnesio temperatūra vidutinėse platumose augalų žydėjimą paankstina 3–4 dienomis, drugių skraidymą – 16 dienų, žuvų nerštą – 6–8 dienomis, varlių veisimąsi – nuo 10 dienų iki kelių savaičių.
- Didžiojoje Britanijoje paukščių kiaušinių dėjimo ir jauniklių perėjimo datos ankstėjo vidutiniškai 3 dienomis vienam šiltėjimo laipsniui, Norvegijoje – 1–4 dienomis. Vilniaus apylinkėse išsiperėję paprastųjų varnėnų jaunikliai lizdus palieka 15 dienų anksčiau.
- Ramiojo vandenyno Meksikos priekrantėje vandens temperatūrai pakilus 1 °C, žydrakojo padūkėlio vadoje užauginamų jauniklių sumažėja 0,45 karto.
- Paskaičiuota, kad, klimatui atšilus 2 °C, dėl jūros lygio kilimo keturiose didelėse Ramsaro konvencijos teritorijose Šiaurės Amerikoje iki 2100 metų bus prarasta 18–70 % šių paukščių buveinių ploto.

58 Ar klimato atšilimas rūšims ir bendrijoms darys vien neigiamą poveikį?

Faktas
Klimato atšilimas rūšims, jų populiacijoms ir bendrijoms daro tiek neigiamą, tiek teigiamą poveikį.

Tyrimai rodo, kad vienos rūšys ir populiacijos kintant klimatui patiria teigiamą poveikį, kitos – neigiamą. Be to, rūšys egzistuoja ne vienos, ekosistemose jos yra susijusios vienos su kitomis – sudaro bendrijas. Visi rūšies paplitimo ir gausumo pasikeitimai, ar jie būtų nulemti klimato kaitos, ar žmogaus poveikio, paveikia tam tikrą bendriją, t. y. visas jos rūšis. Todėl, kintant bendrijos struktūrai, poveikis gali būti tiek neigiamas, tiek teigiamas. Pavyzdžiui, šylant klimatui, Šiaurės pusrutulyje gyvenančių pietinių rūšių gyvenamųjų arealų plėtra šiaurės kryptimi reiškia, kad šių rūšių paplitimas didėja. Tai teigiamai veikia šias rūšis ir jų populiacijas, nes jų gausumas priklauso nuo arealo dydžio. Šiaurinių rūšių, kurios gyvena vis mažesniuose arealuose, populiacijos mažėja. Taigi klimatui šylant paukščių populiacijos Europoje yra pažeidžiamesnės pietinėje jų gyvenamojo arealo dalyje, o šiaurinėje arealo dalyje paukščiai patiria teigiamą poveikį. Lietuvoje gauti rezultatai rodo, kad šiaurinių ir perinčių fragmentinių arealų salose (už rūšies ištisinio arealo ribų) rūšių populiacijų būklė prastėja ir jos traukiasi iš Lietuvos į šiaurės rytus. Kita vertus, pietinių rūšių populiacijų būklė gerėja, jos klimatui šylant patiria teigiamą poveikį.

Kaip klimato atšilimas netiesiogiai veikia rūšis, rodo toks pavyzdys – augalais minta drugių vikšrai, jais – paukščiai, pastaraisiais – plėšrieji paukščiai. Sezoninis temperatūros didėjimas ankstina augalų vegetaciją, vikšrai ankstina savo vystymąsi, taip išvengdami pavasarį grįžtančių paukščių puolimo. Norėdami išlikti, paukščiai turi savo veisimąsi priderinti prie laiko, kuriam būdingas vikšrų pikas, o prie paukščių veisimosi laiko privalo prisiderinti plėšrieji paukščiai. Todėl pastarieji taip pat keičia veisimosi laiką, kad galėtų veistis, kai maisto yra daugiausia. Paukščiams neankstinant kiaušinių dėjimo laiko, vikšrai laimi, tačiau nukenčia medžiai, nuo kurių lapų priklausomi patys vikšrai. Mažėjant maisto, sumažėja ir vikšrų gausumas. Mažėjant vikšrų pikams, paveikiamos paukščių populiacijos – jos turi tiksliau prisiderinti prie maisto pikų. Mažėjant paukščių, nukenčia plėšrieji paukščiai. Tyrimai rodo, kad šylančio klimato sąlygomis anksčiau atskrendantys paukščiai patiria teigiamą poveikį, nes užima geresnes perėjimui ir maitinimuisi reikalingas teritorijas, o anksčiau perinčios poros patiria teigiamą poveikį, priešingai



Šylant klimatui didėja miškų gaisringumas ir daugėja gaisrų, naikinančių biologinės įvairovės rūšis, bendrijas ir jų buveines (miško gaisro poveikio ekosistemoms tyrimai JAV, Šiaurės Karolinoje)
(Rasos Žalakevičiūtės nuotrauka)

nei perinčios vėlai, nes ankstesnės vados jauniklių maitinimas sutampa su vikšrų piku. Taigi pagrindiniai ekosistemos nariai glaudžiai susiję, o šylantis klimatas išderina tarp jų nusistovėjusią pusiausvyrą. Todėl visos ekosistemos grandys privalo iš naujo prisitaikyti prie naujos aplinkos arba pakitusią aplinką keisti į tinkamesnę. Šiame nuolat kintančiame modelyje vienos grandys ir rūšys patiria teigiamą poveikį, kitos – neigiamą, atsiranda rūšių išnykimo pavojus. Rūšys, kurios nesugeba prisitaikyti prie ekosistemose vykstančių pokyčių, patiria didžiausią populiacijų sumažėjimą, pasitraukia į tinkamesnio klimato ekosistemas arba išnyksta.

Ar žinote, kad…

- Klimatui šylant, Antarktidoje sumažėjo Adelės Žemės pingvinų populiacija, Arkties pakrantėse – islandinių bėgikų skaičius, o šylantys pasaulio vandenynai paskatino koralų blukimą ir rifų žūtį.
- Jei klimatas atšils daugiau kaip 4 °C, ties išnykimo riba pasaulyje atsidurs 1 iš 6 rūšių.
- Klimatui šylant, daugiau paukščių rūšių, perinčių Lietuvoje, patiria teigiamą poveikį; neigiamas poveikis būdingas daugumai griežtai saugomų šiaurinių rūšių.
- Klimato atšilimas sudaro palankias sąlygas miškuose plisti ir tarpti invazinėms kenkėjų rūšims (Eurazijoje ir Šiaurės Amerikoje stebimas greitas žievę graužiančių vabalų plitimas).

59 Kaip klimato kaita veikia metinį paukščių gyvenimo ciklą?

Faktas
Klimato kaita skirtingai keičia įvairius metinio paukščių gyvenimo ciklo komponentus.

Tiek Naujajame[1], tiek Senajame Pasaulyje klimato kaitos poveikį paukščiai patiria perėjimo, žiemojimo ir migravimo kelių bei poilsiui ir mitybai būtinų sustojimų vietose. Pastaraisiais dešimtmečiais pavasarį į perėjimo vietas anksčiau atskrisdavo visi migruojantys paukščiai. Tai leidžia jiems prisitaikyti prie ankstėjančių vabzdžių gausumo pikų, nes patelės kiaušinius deda tokiu laiku, kad didžiausias maisto, būtino jaunikliams išmaitinti, kiekis sutaptų su maisto gausos pikais. Klimatui šylant temperatūros didėjimas ankstyvais pavasariais gausina maistą, mažina termoreguliacijai reikalingos energijos sąnaudas ir ankstina veisimosi pradžią – kiaušinių dėjimą. Sausringuose tropikų regionuose perėjimas ir plunksnų keitimas susiję su laikotarpiais po liūčių sezonų, kai žydi augalai ir noksta vaisiai bei gausu nariuotakojų; veisimosi laiko pasirinkimą (lytinių liaukų vystymąsi) lemia kritulių laikotarpiai ir kiekis, o ne įprasti šiaurinėms ir vidutinėms platumoms būdingi veiksniai – fotoperiodas[2] ir temperatūra. Taigi klimato šiltėjimas tropikų paukščiams svarbus ne dėl temperatūros, o dėl kritulių pokyčių.

Įvairiais paukščių metinio gyvenimo ciklo laikotarpiais klimato kaita dažnai skirtingai paveikia to ciklo komponentus, rodančius skirtingą paukščių atsaką. Žinoma, kad veisimosi laiko pasirinkimas yra vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių paukščių dauginimąsi ir populiacijos būklę. Anksčiau perintys individai deda daugiau kiaušinių ir išaugina daugiau jauniklių, palyginti su vėliau perinčiais. Orai rūšių veisimosi sezono metu lemia jų populiacijų skaitlingumo pokyčius. Klimato kaita veisimosi sezono metu stipriau veikia populiacijų pokyčius tų paukščių rūšių, kurių jaunikliai yra viščiukiniai, o paukščiukinius jauniklius auginančios rūšys (pavyzdžiui, naminė pelėda) yra stipriau veikiamos orų laikotarpiu, kuriuo jos nesiveisia.

Reaguodamos į klimato kaitą, bendrijas sudarančios rūšys keičia savo arealus. Arealų kaita, įvairioms rūšims ir jų populiacijoms atsitraukiant nevienodais atstumais, bendrijoje vyksta nevienodai. Ji priklauso nuo to, kaip rūšis veikia

[1] Naujasis Pasaulis (ispaniškai *Nuevo Mundo*) – teritorijos, nepriklausančios Eurazijai ir Afrikai, t. y. Amerika ir Australija. Šis pavadinimas imtas vartoti XV amžiaus antrojoje pusėje atradus Ameriką. Europiečiai buvo įpratę, kad pasaulį sudaro tik Europa, Azija ir Afrika (Senasis Pasaulis).

[2] Fotoperiodas – šviesaus dienos meto trukmė, reikalinga augalui vystytis ir veikianti gyvūnų fiziologiją (*red. past.*).



Poilsio akimirka prieš skrydį – vakarinė Oregono pakrantė, Ramusis vandenynas
(Rasos Žalakevičiūtės nuotrauka)

klimato kaita, jų judrumo gebėjimų, gyvenimo trukmės, maisto gausos pokyčių masto. Todėl keičiasi bendrijų struktūra, senosios bendrijos suardomos, tuo pat metu kinta konkurencija tarp rūšių, aukos, plėšrūnai, parazitai, prie kurių reikia prisitaikyti iš naujo. Prarandamos optimalios buveinės, pasirenkamos naujos – dėl to sunku numatyti būsimas pasekmes.

Paukščių migracija, apimanti perėjimo ir žiemojimo procesus, privalo būti priderinta prie metinio gyvenimo ciklo tokiu būdu, kad būtų optimizuotos perėjimo, plunksnų keitimo ir žiemojimo fazės bei išsaugota daugybė ekosistemose egzistuojančių ryšių. Todėl migruojančioms rūšims atskridimo į perėjimo teritorijas ir žiemavietes laikas yra svarbiausias veiksnys, lemiantis dauginimosi sėkmingumą, išgyvenamumą ir kūno būklę. Nesuderinus atskridimo į šias dvi teritorijas laiko, galima prarasti visus migracijos teikiamus privalumus.

Klimatui šylant kai kurių paukščių rūšių žiemojimo arealai Šiaurės Amerikoje ir Šiaurės Europoje šiaurės kryptimi pasistūmėjo net 20 km per metus, taip pat trumpėja migracijos kelias. Su klimato šiltėjimu siejami migracijos aktyvumo mažėjimas ir migracinės krypties pokyčiai, nulemti pasikeitusių žiemojimo vietų.

Ar žinote, kad…

- Klimato kaitos poveikis, dėl kurio pasireiškia žiemojimo arealų pokyčiai, daug didesnis už poveikį perėjimo arealams.
- Kiaušinių dėjimo laikas labiau ankstėja vidutinėse ir aukštesnėse platumose, kur klimatas šyla daugiau.
- Migruojančių paukščių dalis ornitofaunoje priklauso nuo geografinės platumos ir ilgumos, kuriose vyrauja skirtingos regioninio ir vietinio klimato sąlygos.

60 Ar klimato kaita vienodai veikia biologinę įvairovę skirtingose planetos vietose?

Faktas
Dėl daugelio priežasčių klimato kaitos poveikis biologinei įvairovei planetoje skiriasi.

Regioniniai poveikio biologinei įvairovei skirtumai atsiranda pirmiausia dėl nevienodo įvairių planetos sričių klimato ir jo kaitos, kuri stipresnė arčiau ašigalių. Klimato kaita nevienoda ir migracijų keliuose, tarp įvairių žemynų, regionų, skirtingose platumose ir skirtingais metų laikais. Šiaurės Afrikoje klimato šiltėjimas labiausiai pastebimas vasarą, o Šiaurės Europoje – sausio–kovo mėnesiais. Šiaurės rytinėje Europos dalyje klimato šiltėjimas stipresnis, nei šiaurės vakarinėje. Kadangi vieni pasaulio regionai šyla sparčiau nei kiti, sutrinka įprastas Žemės metų laikų – vasaros, rudens, žiemos ir pavasario – ritmas, trikdoma ir nusistovėjusi ekologinė pusiausvyra. Klimato kaitos poveikio skirtumai atsiranda dėl planetos regionuose egzistuojančių biologinės įvairovės rūšių ir bendrijų biologinių, ekologinių, elgesio, prisitaikymo ir tarpusavio sąveikos skirtumų. Šiaurinėse ir vidutinėse platumose vienas svarbiausių veiksnių, darančių įtaką biologinės įvairovės rūšims, yra temperatūra, veikianti netiesiogiai – per mitybos grandines ir buveines. Žemesnėse platumose be joms būdingų aukštesnių temperatūrų svarbiausi veiksniai yra krituliai ir vanduo. Be to, šylant klimatui daugėja pasikartojančių karščio bangų, kylančių dėl didėjančios temperatūros, mirtino poveikio atvejų. Dažnesnės karščio bangos gali paveikti pažeidžiamas sausringųjų tropikų rūšis ir jų populiacijas. Didesnį pavojų prarasti buveines ir populiacijas patiria kalnuose gyvenančios rūšys, taip pat daugiau paveikiamos taps tundros, taigos ir borealinių miškų rūšys.

Klimatas įvairiuose Žemės regionuose lemia ir nevienodą rūšių gausumo pasiskirstymą – jis didžiausias yra tropikuose ir mažėja ašigalių link, didėjant rūšių populiacijų skaitlingumui. Didelė tropikų rūšių gausa siejama su produktyvia šilta ir drėgna aplinka bei stabiliu sezoniniu klimatu. Vešli augalija ir jos įvairovė aprūpina rūšis įvairiu ir gausiu maistu bei ekologinėmis nišomis. Nuo tropikų einant ašigalių link, klimatas tampa atšiauresnis per sausras Viduržemio jūros regione bei per žiemos šalčius vidutinėse, borealinėse ir arktinėse zonose, tad jis apriboja augalijos augimą, įvairovę ir produktyvumą. Didėjant vidutinėms metinėms temperatūroms, ypač aukštesnėse platumose, prognozuojamas rūšių gausėjimas vidutinėse platumose, borealiniuose ir arktiniuose regionuose. Priešingai, kylant temperatūrai ir mažėjant kritulių, sausringuose subtropikuose ir tropikuose tikėtinas rūšių mažėjimas.



Didžiausia rūšių gausa tropikuose siejama su šilta ir drėgna aplinka bei stabiliu sezoniniu klimatu, kurie aprūpina rūšis įvairiu ir gausiu maistu bei ekologinėmis nišomis. Planetos pusiaujo kalnų miškai yra rūšių įvairovės „bankas“, palaikantis Žemės biologinę įvairovę

(Rasos Žalakevičiūtės nuotraukoje – Ekvadoras)

Klimatas ir nuo jo priklausantys veiksniai lemia paukščių migracijos reiškinio skirtumus: Šiaurės pusrutulyje migracija stiprėja einant į šiaurę ir silpsta artėjant prie pusiaujo, o Pietų pusrutulyje rūšių ar jų populiacijų migracija stiprėja pietų kryptimi ir silpsta artėjant prie pusiaujo. Šios priežastys ir lemia nevienodą klimato ir jo kaitos poveikį biologinei įvairovei skirtingose planetos vietose.

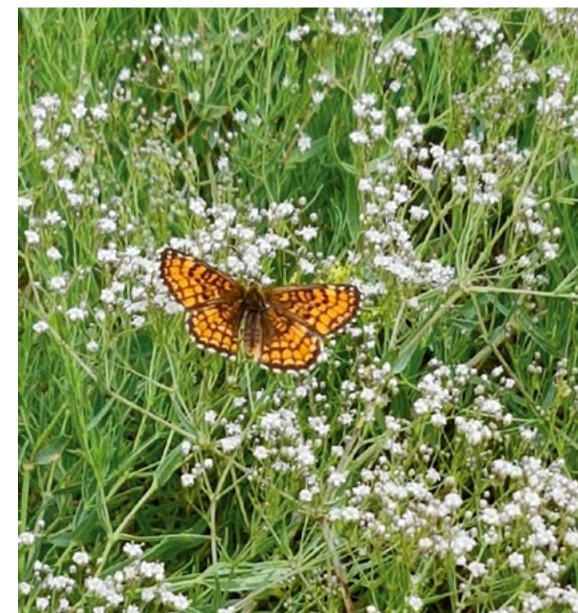
Ar žinote, kad…

- Laukinių stuburinių gyvūnų populiacijos nuo 1970 iki 2006 metų vidutiniškai sumažėjo 31 % – labiausiai tropinėse (59 %) ir gėlavandenėse (41 %) ekosistemose.
- Esama platuminė temperatūros ir šiaurinių jūrinių paukščių produktyvumo ryšio variacija paaiškina skirtingą klimato šiltėjimo poveikį įvairiose jūrose.
- Su kiekvienu šiaurės platumos laipsniu šelmeninės kregždės pavasarinis atskridimas Slovakijoje vėluoja 6,5 dienos, o su kiekvienu aukščio kilometru – 11 dienų.
- Nuo kritulių kiekio priklauso Darvino kikilių Galapagų salose ir Puerto Riko tropinių paukščių produktyvumas, Kalifornijos naminės karietaitės ir paprastojo pelėsakalio populiacijų Viduržemio jūros regione gausa.
- Į Lietuvos raudonąją knygą įrašytos 767 saugomos rūšys: 253 gyvūnų, 339 augalų ir 175 grybų.

61 Kas yra gyvosios gamtos ekologinis suderinamumas ir kaip jį paveikia klimato kaita?

Faktas
Pasaulinis klimato atšilimas, lemdamas pokyčius ekosistemose, trikdo nusistovėjusią ekologinę pusiausvyrą.

Akivaizdu, kad pastaraisiais dešimtmečiais vidutinėse Šiaurės pusrutulio platumose, dėl šylančio klimato ankstėjant pavasariui, o rudeniui, – vėluojant, pastebimas ankstesnis pavasarinis paukščių atskridimas ir veisimasis. Šie sezoniniai reiškiniai skiriasi tarp įvairių rūšių. Todėl rūšys, turinčios suderinti metinio gyvenimo ciklo komponentus (pavyzdžiui, perėjimą ir migracijas) su kitų rūšių metinio ciklo elementais (pavyzdžiui, plėšrūnų ir aukos), tampa „ekologiškai išderintos“. Pavyzdžiui, Lietuvoje gyvenanti tolimoji migrantė paprastoji gegutė nežymiai paankstino savo atskridimą, tačiau daugelis jos parazituojamų rūšių į perėjimo vietas Vakarų Europoje atskrenda gerokai anksčiau nei ši gegutė. Taigi rūšys, nesugebančios reaguoti į klimato kaitą, gali patirti nuostolių – paprastosios gegutės populiacijos Vakarų Europoje mažėja. Lietuvoje paprastosios gegutės ir jos parazituojamų rūšių atskridimo datų ankstėjimas gana suderintas, todėl jos populiacija stabili.
Daugelis paukščių rūšių derina atvykimo į perėjimo vietas laiką su maisto šaltinių pikais. Tačiau kai kurie pavyzdžiai rodo, kad klimatui šylant ne visų paukščių rūšių elgesys keičiasi tiek, kad paukščiai pataikytų atskristi tuo metu, kai maisto yra daugiausia. Todėl pažeidžiami ekosistemose egzistuojantys labai tikslūs mitybos grandinėms būdingi ryšiai, mažėja dėties dydis, jauniklių ir suaugusių paukščių išgyvenamumas ir vietinių populiacijų gausa.
Pastarųjų dešimtmečių tyrimų rezultatai rodo, kad ankstėjantis pavasarinis atskridimas į perėjimo vietas ir vis ankstesnis kiaušinių dėjimo laikas atsilieka nuo augalų ir bestuburių fenologijos pokyčių. Nyderlanduose nustatyta, kad didžiosios zylės kiaušinių dėjimo laikas ankstėja nepakankamai, kad šie paukščiai išperėtų jauniklius, kai maisto yra daugiausia, tačiau Didžiojoje Britanijoje ankstyvas ir šiltėjantis pavasaris leidžia didžiosioms zylėms suderinti veisimąsi su vikšrų gausos pikais, taip pat pasiekti, kad veisimasis būtų produktyvesnis. Skirtingas įvairių vietovių klimato šiltėjimas lemia veisimosi fenologijos skirtumus, būdingus atskiroms populiacijoms, ir skirtingą veisimosi sėkmę.
Manoma, kad sezoniškai itin kintančiose buveinėse perintys paukščiai yra ypač pažeidžiami dėl neatitinkančios fenologijos. Didžiausias neigiamas fenologinio



Šiltėjantis pavasaris, augalų žydėjimas ir drugių skraidymas daro netiesioginį poveikį paukščių veisimuisi (Irenos Žalakevičienės nuotrauka)

neatitikimo poveikis turėtų būti ten, kur paukščių vartojamo maisto pikų laikas nukrypo nuo paukščių veisimosi laiko pasirinkimo tendencijų.
Kintant klimatui sutrikusios ekologinės sinchronizacijos neigiamos pasekmės yra būdingos įvairioms miško (zylėms, musinukėms ir parulidiniams paukščiams), jūros (ragasnapiui mormonui ir japoniniam kormoranui), pelkių ir seklių vandenų (paprastajai gagai ir snieginei žąsiai), sausumos buveinių (dirviniam sėjikui ir baltapilviui bėgikui) ir tropinių (mauriciniam pelėsakaliui) paukščių rūšims.

Ar žinote, kad…

- Europoje ir Šiaurės Amerikoje pavasarinio paukščių atskridimo datos ankstėja 0,31 dienos per metus (Lietuvoje vidutiniškai 0,4 dienos per metus), o aplinkos komponentų pokyčiai yra didesni – pirmasis amarų skrydis paankstėjo 0,87, augalų pirmasis žydėjimas – 0,57, drugių pirmasis skrydis – 0,42 dienos per metus. Vidutinės paukščių kiaušinių dėjimo datos Šiaurės pusrutulyje ankstėjo 0,24 dienos per metus, Didžiojoje Britanijoje – 0,19, ir šios datos atsiliko nuo dieninių drugių (0,35 dienos per metus) bei naktinių drugių (0,33 dienos per metus) skraidymo vidutinių datų ankstėjimo.
- Dar sudėtingesnis mitybos grandinių suderinimas jūrinėje aplinkoje – čia paukščiai priklauso nuo daugybės įvairių veiksnių – fitoplanktono ar zooplanktono, žuvų ikrų, lervučių ir jauniklių, ančiuvių gausos ir jų pikų laikotarpių bei maistą atgabenančių vandenynų srovių, kurias formuoja didelio masto atmosferos cirkuliacijos procesai, pokyčių.

62 Ar klimato kaita paukščių rūšis ir bendrijas veikia vienodai?

Faktas
Rūšių ir populiacijų pažeidžiamumas yra įvairus ir priklauso nuo jų biologijos ir ekologijos.

Mažiau į klimato šiltėjimą reaguoja rūšys, kurioms būdinga labai įvairi mityba, palyginti su mintančiomis gana specializuotu maistu. Tačiau reakcija į klimato šiltėjimą priklauso ir nuo vartojamo maisto. Pavyzdžiui, šiaurinėse platumose klimatui šylant ir atsirandant palankioms sąlygoms augalijos ir vabzdžių produktyvumui didėti, vadinamosios siaurai specializuotos (mintančios vabzdžiais ir augalais) rūšys gali efektyviau plėsti perėjimo arealus. Didesni arealų poslinkiai stebimi ir tų rūšių, kurioms būdingas stipriau išreikštas plitimo laipsnis (pavyzdžiui, tai būdinga migruojančioms rūšims). Mažesniu plitimo laipsniu pasižyminčios, tam tikroje teritorijoje siauriau paskliduslos rūšys yra neigiamai veikiamos daugelyje gyvenimo etapų. Kadangi žinoma, kad net 66 % pasaulio paukščių rūšių yra sėslios ir joms būdingas mažesnis polinkis keliauti, ateityje klimatui nuosekliai šylant, numatoma, kad šios bendrijos patirs didelių pokyčių. Palyginti siauras buveinių sąlygas besirenkančių paukščių temperatūros tolerancijos diapazonas yra siauresnis, todėl jie labiau pažeidžiami klimato kaitos. Šiaurės pusrutulio vidutinėje klimato zonoje didesnį neigiamą poveikį patiria šiaurinės rūšys ir tolimieji migrantai, ypač tie, kurių atsakas į klimato šiltėjimą vėluoja, taip pat tos rūšys, kurių veisimasis nesutampa su sezoninių mitybos objektų pikais. Be to, klimato kaitos poveikis didžiausias toms rūšims, kurių maisto objektų pikai yra trumpiausi. Europoje šiaurinės rūšys, kurios yra prisitaikiusios prie žemų temperatūrų diapazono, nyksta labiau nei tos, kurios prisitaikiusios prie aukštesnių temperatūrų. Mokslininkų duomenimis, didesnes smegenis turintys paukščiai keičiantis aplinkai geriau susitvarko su jos pokyčiais ir geba lengviau prisitaikyti prie naujų sąlygų. Mažiau veikiami klimato yra plėšrūs paukščiai, galintys keisti maisto šaltinius (pavyzdžiui, pereiti nuo smulkių žinduolių prie paukščių) ir turintys didesnį pasirinkimą kuo maitinti jauniklius. Skirtumai tarp paukščių rūšių atsako į klimato šiltėjimą gali būti susiję su paukščio kūno dydžiu. Stipriausias atsakas yra smulkesnių paukščių, o silpniausias didelių. Didesnės smulkių paukščių energijos sąnaudos, palyginti su stambiais, lemia, kad klimato sąlygos juos paveikia labiau. Be to, didesnių paukščių rūšys dažnai sukaupusios veistis reikalingą riebalų kiekį, o smulkių paukščių rūšys labiau prisitaikiusios prie nuolatinio energijos atsargų papildymo prieš veisimosi sezoną ir jo metu. Todėl temperatūros kaita darys didesnį poveikį smulkesnių paukščių rūšims. Tyrėjai daro išvadą, kad klimato kaita veisimosi sezono metu stipriau veiks populiacijų svyravimus tų rūšių, kurių jaunikliai yra viščiukiniai (savarankiškesni). Paukščiukinius (išsiritę jie yra bejėgiai) jauniklius auginančios rūšys orų bus veikiamos stipriau nesiveisimo laikotarpiu.



Klimato kaitai mažiau jautrios paukščių rūšys, kurių mitybos spektras yra platesnis, taip pat didesni ir įvairesnėse buveinėse gyvenantys paukščiai (Eglės Ratkutės paveikslas Kirai Ošupyje)

Ar žinote, kad…

- Stipriausias atsakas į klimato šiltėjimą užfiksuotas kraginių, audrašauklinių, irklakojinių ir žąsinių paukščių būriuose ir antinių, gandrinių, ibinių, gervinių, vieversinių, varninių, pelikaninių, kormoraninių, kraginių, kregždinių audrašauklių ir audrašauklinių šeimose.
- Vanaginiai, sėjikiniai, zyliniai, karietaitiniai ir strazdiniai paukščiai teigiamai reaguoja į nesiveisimo sezono temperatūras, mėsėdžiai, visaėdžiai ir bestuburiais mintančios rūšys jautriau reaguoja į šaltą orą.
- Didžiausias žiemos trukdis pelėdiniams paukščiams – stora sniego danga, todėl jų išgyvenamumas priklauso nuo dienų skaičiaus, kai sniego danga storesnė nei 5 centimetrai. Be to, išgyvenamumas mažėja šaltais, šlapiais pavasariais.
- Teigiamas veisimosi sezono temperatūros poveikis populiacijoms geriausiai išreikštas antinių ir tetervininių paukščių šeimose.

63 Kokios ekosistemos, buveinės, paukščių rūšys ir bendrijos klimatui toliau šylant bus pažeidžiamos labiausiai?

Faktas
Ekosistemos, buveinės, rūšys ir bendrijos yra pažeidžiamos labai įvairiai.

Prognozuojama, kad pažeidžiamiausiomis ekosistemomis aukštose platumose taps tundra ir taiga, vidutinėse platumose – pelkės ir seklūs vandenys, subtropikuose – laikini ir išdžiūstantys vandens telkiniai, kylant jūros lygiui – vandenynų ir jūrų pakrančių ekosistemos ir jų buveinės, taip pat specifinės, siauros kalnų buveinės. Stipriai pažeidžiamos bus tos ekosistemos ir rūšys, kurias dar veiks ir žmogaus vis plėtojamas žemės ir miškų ūkis, natūralių buveinių fragmentacija, žuvininkystės ir žvejybos, gyvenviečių ir miestų bei pramonės plėtra, didėjanti aplinkos tarša, sustiprinanti klimato kaitos poveikį. Keičiantis klimatui, dėl šlapynių eutrofikacijos, bentoso biomasės nykimo, spartėjančios augalų bendrijų kaitos, atvirų pievų plotų užaugimo krūmais (nustojus jas šienauti ir naudoti gyvuliams ganyti), mažės tinkamų natūralių buveinių. Jų mažėjimas stipriausiai paveiks pievų paukščių rūšis, gyvenančias Europoje ir Šiaurės Amerikoje, taip pat atogrąžų miškų paukščius. Ypač stiprus klimato kaitos poveikis ir jo nulemtas pavojus prognozuojamas jūrinėje aplinkoje (labiausiai paveiks jūrinius paukščius), kurioje mitybos grandinių suardymas ir maisto trūkumas taps viena tikėtiniausių rūšių nykimo priežasčių. Tropikuose į didelės rizikos grupę pateks rūšių įvairovė, endeminės ir siauruose arealuose gyvenančios rūšys, kurių arealai mažėja ir dėl žmogaus vykdomos žemių konversijos (keičiamos jos paskirties).

Lietuvoje globali klimato kaita neigiamai labiausiai paveiks perinčias paukščių rūšis, kurių buveinės yra šlapiose vietose ir neištisiniuose perėjimo arealuose; taip pat tas rūšis, kurių perėjimo vietos patenka į rūšies paplitimo geografiniame areale esančias vakarų, pietvakarių ir pietų periferijas.

Klimato kaitos poveikis ryškesnis natūraliose ir pusiau natūraliose buveinėse, palyginti su reguliuojamomis žmogaus. Prognozuojama, kad didžiausią klimato kaitos poveikį pajus aukštesnėse platumose buveines turinčios, siaurai specializuotos, šiuo metu retos, nykstančios ar ties išnykimo riba esančios paukščių rūšys ir bendrijos. Ypač didelis pavojus gresia salose, kalnų šlaituose gyvenančioms endeminėms rūšims, taip pat tropikų kalnuose mažuose arealuose gyvenančioms ar veikiamoms ligų paukščių rūšims, kurios neturi kur trauktis. Didžiausias klimato kaitos nulemtas išnykimo pavojus gresia rūšims,



Paukščių buveinės Havajų kalnuose (Rasos Žalakevičiūtės nuotrauka)

kurių paplitimo arealai mažės, toms, kurių prognozuojamo ir dabartinio arealų plotų persidengimas mažiausias ir kurių populiacijos yra mažos, o jų gausa mažėja. Pavojus išnykti gresia ir rūšims, kurių paplitimo arealai yra neištisiniai, toms, kurių maisto šaltinių pikų laikas yra labiausiai pakitęs ir kurios mažai ankstina atskridimą į perėjimo vietas ar net jį vėlina.

Taigi įvairios ekosistemos ir įvairiose buveinėse gyvenančios rūšys gali patirti skirtingą žalą. Kadangi klimato kaita stipriai veikia biologinę įvairovę, netolimoje ateityje žemės naudojimo praktikos kaita tropinėse valstybėse lems dar didesnį rūšių išnykimą.

Ar žinote, kad…

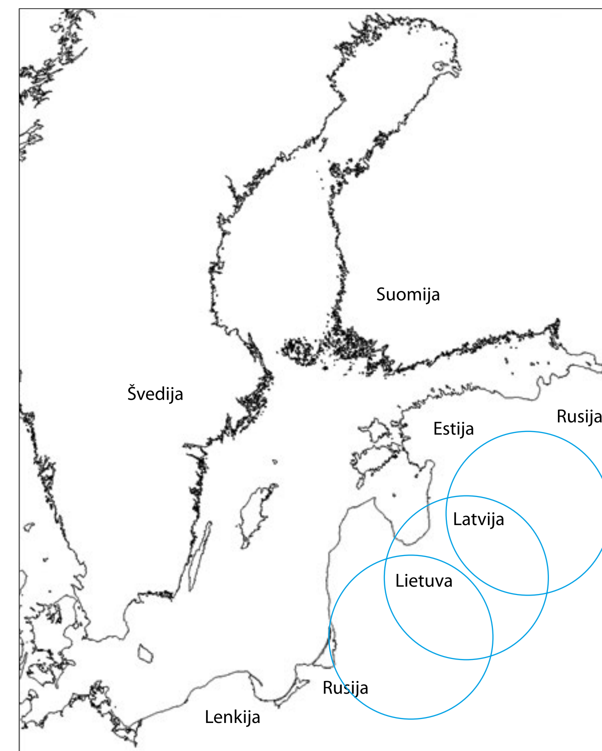
- Pasaulyje yra daugiau kaip 1000 specializuotų (kurioms reikalinga ypač specifinė gyvenamoji aplinka), kalnuose gyvenančių ir juose perinčių paukščių rūšių, kurios taps pažeidžiamesnės.
- Paukščių maliariją platinančio uodo *Culex quinquefasciatus* lervos gali vystytis tik aukštoje temperatūroje ir žemai virš jūros lygio, todėl kalnuose endeminių paukščių rūšių populiacijos išliko tik aukštesnėse vietose.
- Havajuose klimatui šylant ir uodams kalnuose plintant į vis didesnį aukštį, dauguma vietinių paukščių rūšių neišvengiamai išnyks.
- Dėl klimato šiltėjimo keičiantis šiaurinių platumų ir Arktyje gyvenančių rūšių paplitimo arealams, numatoma, kad ten perinčių žąsų sumažės per pusę.

64 Koks yra klimato kaitos poveikis rūšių arealų centrinėje dalyje ir periferijoje?

Faktas
Įvairiose rūšies gyvenamojo arealo dalyse klimato ir jo kaitos poveikis skiriasi.

Tam tikros Žemės teritorijos klimatas lemia rūšių, jų populiacijų geografinius paplitimo arealus, kuriuose tų rūšių individai randa egzistuoti tinkamas buveinių, mitybos, netrikdomo poilsio, slėptuvių ir jauniklių auginimo sąlygas. Vieni pagrindinių klimato parametrų, lemiančių gyvybės paplitimą ir jos paplitimo arealus planetoje, yra temperatūra ir drėgmė (krituliai). Rūšies arealo šiaurinę ribą paprastai lemia temperatūros (ypač žiemos) reikšmės, pietinę – iškrintančių kritulių (vandens) kiekis ar ekosistemų sausringumas. Kritinis temperatūros poveikis gyvūnų paplitimo arealams galimas dėl jos maksimumų, minimumų ar svyravimų amplitudės dydžio ir ekstremalumo. Tai akivaizdžiausiai rodo įvairių paukščių rūšių perėjimo arealai, kurių vieni apima milžiniškus regionus, besitęsiančius per kelis žemynus (pavyzdžiui, naminio žvirblio ir paprastojo varnėno), o kiti yra vos keliolikos hektarų dydžio, nedidelėje vietovėje (pavyzdžiui, kuria nors pasaulio kryptimi nusidriekusio kalno šlaito tam tikrame aukštyje, mažoje saloje vandenyne ar nedidelio ploto buveinėje tropikuose; tai būdinga mauriciniam pelėsakaliui ir čataminei petroikai). Perėjimo arealų paplitimas dažniausiai sutampa su rūšių ar populiacijų temperatūrų optimumais. Klimato poveikis skiriasi įvairiose perėjimo arealo periferijos dalyse – šiaurinėje, pietinėje, rytinėje ar vakarinėje. Paukščiai pasirenka teritorijas, kuriose sąlygos perėti yra tinkamos – paprastai jos yra optimalios arealo centrinėje dalyje ir prastėja tolstant į arealo pakraščius.

Klimatui kintant ir keičiant aplinką, Šiaurės pusrutulio vidutinėje klimato juostoje arealų sąlygoms gerėjant šiauriniuose paribiuose, didėja populiacijos tankis ir individų skaičius. Kadangi populiacijoms būdinga savybė plisti, užimamos naujos tinkamos teritorijos už rūšies arealo ribų – arealas „perkeliamas" šiaurės, šiaurės rytų kryptimi. Arealų pietiniuose paribiuose, kuriuose kylant temperatūrai didėja sausringumas, sąlygos rūšiai prastėja ir mažėja galimybė išgyventi, tad arealų ribos traukiasi, formuojasi izoliuotos neištisinės arealų salos, kuriose laikui bėgant populiacijos nunyksta. Šiuo metu rūšių užimami arealai atspindi dabartinio klimato sąlygas ir antropogeninio poveikio pasekmes. Dėl klimato kaitos arealai kinta – rūšys juos perkelia. Dabartinė klimato kaita arealus veikia panašiai, kaip šis procesas vyko po paskutinio Žemės apledėjimo, – klimatui šylant aplinka keitėsi. Dabartiniai rūšių arealai priderinti prie



Lietuvoje stebimas perinčių paukščių rūšių arealų pasislinkimas šiaurės rytų kryptimi (vyksta šylant klimatui)

šiuolaikinio klimato sąlygų, lemiančių vieno ar kito regiono rūšių kompleksą. Be rūšių arealų ribų platuminių pokyčių, šylant klimatui, stebimas ir ne toks nuoseklus vertikalaus rūšių plitimo kalnuose procesas.

Lietuvoje peri 212 paukščių rūšių. Dėl klimato šiltėjimo jų arealams traukiantis šiaurės rytų kryptimi, 74 (34,9 %) šiaurinių rūšių atstovams, kurie peri rūšies arealo vakarinėje, pietvakarinėje ir pietinėje periferijose, gresia pasitraukti iš mūsų šalies teritorijos. Dėl šylančio klimato du trečdaliai rūšių, Lietuvoje perinčių arealo centrinėje, šiaurinėje, šiaurės rytinėje ir rytinėje periferijose (pietinės rūšys), patiria teigiamą poveikį, ir jų populiacijų būklė gerėja.

Ar žinote, kad…

- Vidutinėse ir aukštesnėse platumose paukščių rūšių perėjimo arealų judėjimas ašigalių link vyksta 0,76 km greičiu per metus.
- Lietuvoje atliktų tyrimų duomenimis, gulbės nebylės arealo pasislinkimo šiaurės kryptimi greitis siekia net 10,6 km per metus.
- 254 paukščių rūšių, kurios žiemoja JAV, arealų šiaurinio paribio poslinkis šiaurės kryptimi vyksta apytikriai 1,48 km greičiu per metus.

65 Kuo skiriasi klimato kaitos poveikis paukščių rūšių platuminiam ir vertikaliajam plitimui visoje planetoje?

Faktas
Reaguodami į klimato šiltėjimą įvairių rūšių ir populiacijų paukščiai persikelia į arealus ašigalių link ir aukštyn į kalnus.

Akivaizdu, kad klimato svarba paukščių rūšių paplitimui ir perėjimo arealams yra didžiulė. Įrodinėjama, kad biotiniai veiksniai, kurie lemia rūšių paplitimo arealus, pavyzdžiui, maisto gausa, konkurencija, plėšrūnai, susiję su klimatu. Iš tiesų paukščių arealų ribos labai susijusios su klimato veiksniais, o vidutinėse ir šiaurinėse platumose vis daugiau paukščių rūšių persikelia į arealus ašigalių link. Tokie arealų poslinkiai priklauso nuo klimato kaitos. Kadangi Šiaurės Amerikoje ir Europoje šiaurinę paukščių paplitimo ribą lemia žemiausios žiemos oro temperatūros, klimatui šylant gyvenamieji arealai plinta šiaurės ir šiaurės rytų kryptimis.

Detalūs apžvalginiai tyrimai rodo, kad paskutiniais dešimtmečiais Žemės vidutinėse ir aukštesnėse platumose nuoseklus įvairių rūšių paukščių persikėlimo į arealus ašigalių link greitis prilygsta 15 km per dvidešimt metų. Persikėlimas į kitą arealą greičiau vyksta judėjimo kryptimi nei arealo traukimosi periferijoje. Žemės klimatui šylant, be rūšių arealų ribų platuminio judėjimo kalnuose stebimas ne toks nuoseklus rūšių vertikaliojo plitimo procesas, kurio greitis vidutiniškai yra 0,33 m per metus (vos 6,6 m per dvidešimt metų). Taigi platuminis arealų poslinkis, vykstantis dėl klimato kaitos, yra akivaizdžiai didesnis nei vertikalusis. To priežastis gali būti kalnų specifika. Kalnai, būdami palyginti mažoje geografinėje teritorijoje, pasižymi fizinių barjerų (kalnų keteros, gūbriai, slėniai) gausa. Todėl jie prisideda prie naujų alopatrinių rūšių (atskilusių nuo pradinės rūšies) susiformavimo, o mažai teritorijai būdingas labai įvairus klimatas formuoja buveinių įvairovę ir veisimosi fenologijos skirtumus. Horizontalaus rūšių arealų plitimo atvejais tokių fizinių barjerų paukščiams yra daug mažiau. Vertikalusis plitimas susijęs su dar viena rūšių išlikimo problema – ligų poveikiu. Pavyzdžiui, Havajuose gyvenančios žvirblinių būrio endeminės rūšys yra veikiamos paukščių maliarijos ir paukščių raupų. Paukščių maliarijos platintojas yra uodas *Culex quinquefasciatus*. Maliarijos šeimininkais esančios introdukuotos rūšys – naminis žvirblis, didžioji zylė ir juodagalvė devynbalsė – mažiau imlios maliarijai nei vietinės. Kadangi uodų lervos gali vystytis tik



Gulbė giesmininkė (Cygnus cygnus) *– paukščių rūšis, kuri Europoje plečia savo perėjimo arealą* (Vito Stanevičiaus nuotrauka)

aukštoje temperatūroje, kuri būdinga žemai virš jūros lygio esančioms buveinėms, endeminių paukščių rūšių populiacijos išliko aukštesniuose kalnų šlaituose. Joms būdingi maži arealai. Jei klimatui šylant uodai kalnuose persikels į didesnį aukštį (šis procesas jau yra stebimas), daugelis vietinių paukščių rūšių, prarandančių perėti tinkamas buveines, išnyks.

Ar žinote, kad…

- XX amžiaus antrojoje pusėje šylant Šiaurės Amerikos klimatui, virš 200 paukščių rūšių persikėlė perėti į šiauresnius arealus, Europoje tokių rūšių užregistruota 195.
- XX amžiaus viduryje–antrojoje pusėje Rytų Baltijos regione (Latvijoje, Lietuvoje, Baltarusijoje) perėti pradėjo nuo 10 iki 17 naujų pietinių rūšių paukščiai, o šiaurinių rūšių paukščiai ėmė trauktis iš šio regiono.
- XX amžiaus septintajame–devintajame dešimtmečiais Didžiojoje Britanijoje 59 pietinių rūšių paukščių perėjimo arealų šiaurinės ribos „perkeltos“ ~19 km šiaurės kryptimi, Suomijoje piečiausia paukščių arealų riba slenka į šiaurę 2,7 km per metus greičiu, JAV toks arealų judėjimo greitis prilygsta 0,6–2,4 km, Prancūzijoje – 5,4 km per metus, o Lietuvoje kai kurių paukščių rūšių jis didesnis nei 10 km per metus.
- Pritaikę XXI amžiaus klimato kaitos ir paukščių maliarijos plitimo Havajuose scenarijus, mokslininkai prognozuoja, kad 10 endeminių ir esančių prie išnykimo ribos paukščių rūšių šio salyno kalnuose praras 50 % savo perėjimo arealų, o 6 rūšys – daugiau nei 90 %.

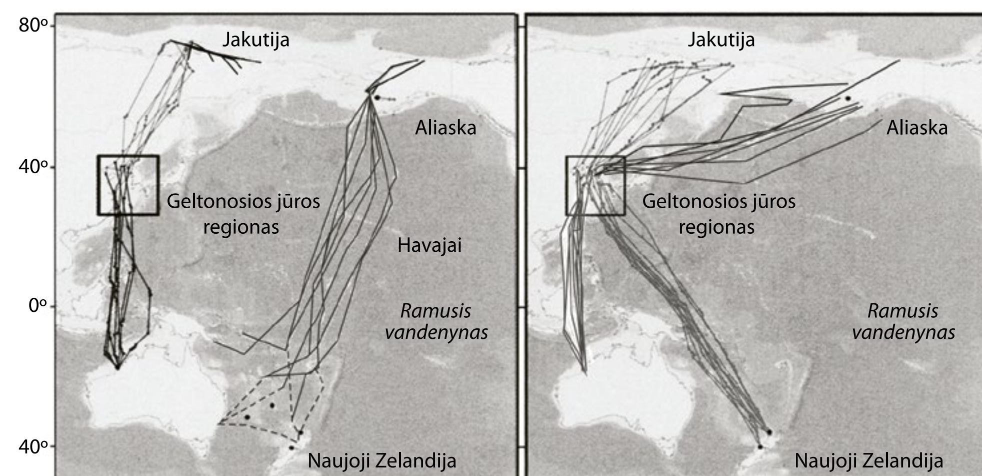
66 Ar paukščiai geba numatyti orus ir metų laikams būdingus jų pokyčius?

Faktas
Paukščių gebėjimas numatyti orus yra visuomenėje paplitęs mitas.

Klimatinių veiksnių poveikis įvairioms rūšims gali nulemti jų išlikimą, todėl joms gyvybiškai svarbu prisitaikyti prie esamo klimato ir jo kaitos. Gyvūnai yra ypač jautrūs orų kaitai. Todėl nuo senų senovės paukščių gebėjimas reaguoti į menkiausias orų permainas jautrino žmonių protus, o žinių stoka buvo kompensuojama gajais mitais. Stebėdami žemai skraidančias šelmenines kregždes žmonės priėjo prie išvados, kad jos numato artėjant lietų ar audrą, todėl aukštai nekyla. Tačiau artėjant darganai atmosferos drėgmė didėja, apsunkę vabzdžiai skraido žemiau, o jais mintančios kregždės, aukščiau jų nerasdamos, priverstos skraidyti pažemiui. Šis pavyzdys rodo paukščių gebėjimą „prognozuoti“ orus. Siekis paaiškinti nežinomą reiškinį virsta mitais, kuriuos kuriant dažniausiai pervertinami gyvosios gamtos gebėjimai.

Net mokslinėje literatūroje galima rasti tyrėjų teiginių apie tolimųjų migrantų, žiemojančių Užsachario Afrikoje, gebėjimą prieš vieną ar porą mėnesių (tiek trunka kelionė iš Afrikos į Šiaurės Rytų Europą) „prognozuoti“ orų sąlygas perėjimo vietose Europos šiaurėje. Iš tikrųjų tai nėra jokia prognozė. Paukščiai jaučia mažiausias orų žiemavietėse permainas ir, pasinaudodami savo bei kelių kartų patirtimi, perduodama genais, derina pavasarinės migracijos laiką prie kintančių aplinkos sąlygų migracinio skrydžio trasoje ir perėjimo teritorijose. Jei toks elgesys būna sėkmingas, jis tampa nuolat vykstančios natūraliosios atrankos kryptimi.

Kasmet virš Šiaurės Vakarų Atlanto vyksta rudeninė migracija iš Šiaurės į Pietų Ameriką. Šos migracijos pradžią lemia šaltieji frontai, judantys nuo žemyno į vandenyną, su būdingais palankiais vėjais ir visai nebūdingomis audromis. Prasidėjus migracijai, paukščiai skrenda pietų–pietryčių kryptimi link Centrinio Atlanto (t. y. galimos žūties link), paveja šaltąjį frontą ir toliau tęsia skrydį minėta kryptimi. Pasiekę maždaug 25° šiaurės platumos, paukščiai visuomet patenka į šiaurės rytų vėjų zoną. Šie vėjai juos neša virš vandenyno pietų, po to – pietų–pietvakarių kryptimi, kol jie atsiduria virš Karibų regiono. Kelionės sėkmę lemia transokeaniniam tolimųjų sausumos migrantų skrydžiui būtinas tinkamų orų pasirinkimas, leidžiantis paukščiams „numatyti“ kelių tūkstančių kilometrų kelionei tinkamas orų sąlygas. Tai nėra orų



Dėl rudenį ir pavasarį vyraujančių skirtingų krypčių vėjų susiformavo skirtingi dviejų laplandinio griciuko (Limosa lapponica) *porūšių rudeninės ir pavasarinės migracijos keliai*

prognozė, o tik naudojimasis vykstant evoliucijai sukaupta ir per šimtus tūkstančių kartų perduota patirtimi.

Milijonus metų vykstanti paukščių klasės evoliucija, nuolatinė klimato kaita Žemėje, su ja susijusi būtinybė prisitaikyti, įgytos adaptacijos, iš kartos į kartą perduodama genetinė informacija, kasmet įgyjama vis didesnė patirtis, įgimtas atsargumas, naudojimasis gamtoje nuolat pasikartojančiais procesais, vidiniai paveldėti mechanizmai ir jų derinimas prie konkrečios aplinkos yra tie svarbiausi paukščių orų „prognozę“ lemiantys veiksniai, nuo kurių priklauso ir paukščių metinio gyvenimo ciklo sėkmė.

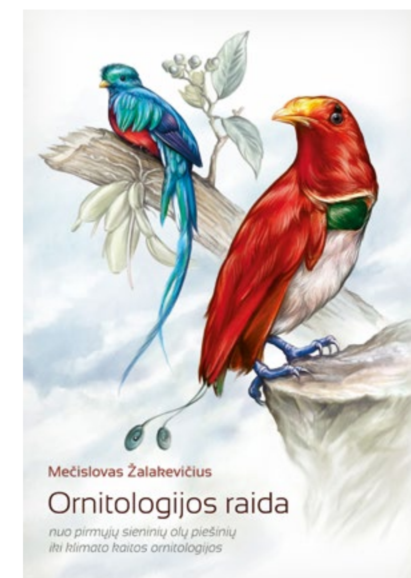
Ar žinote, kad…

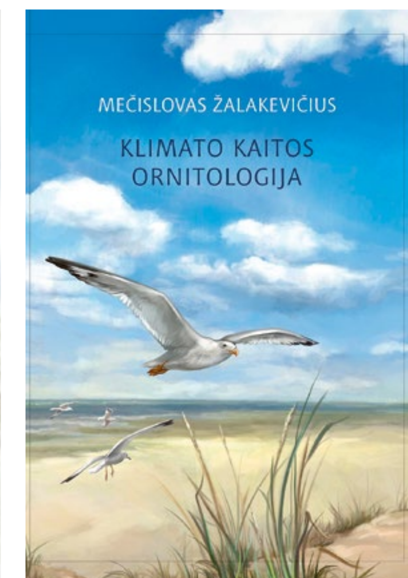
- Nedideli sausumos paukščiai, migruodami virš vandenynų, be sustojimo skrenda iki 3–4 parų, o jų skrydis virš Sacharos dykumos trunka daugiau kaip 50 valandų.
- Albatrosai negali ilgai skraidyti ramiu oru, todėl jų beveik nepastebima šiaurės jūrose. Albatrosų karalija – vandenynų pietinės dalys tarp 40° ir 50° pietų platumos, kur, nuolat pučiant stipriems vėjams, vyrauja galingos bangos.
- Dėl rudenį ir pavasarį vyraujančių skirtingų krypčių vėjų laplandinis griciukas iš Aliaskos ir Rytų Sibiro perėjimo vietų tiesioginiais maršrutais skrenda į Naujosios Zelandijos ir Australijos žiemavietes, o iš jų sugrįžta jau kitais keliais – per Kiniją.

67 Ką tiria nauja mokslo šaka – klimato kaitos ornitologija?

Faktas
Stengiantis suvokti šylančio klimato poveikį gyvybei ir pačiai žmonijai bei suprasti Žemei gresiančius pavojus, paukščiai yra puikiausi tyrimų objektai.

Klimato kaitos ornitologija yra naujausia mokslo šaka, kurios ištakomis tapo tyrimai, pasaulyje pradėti XX amžiaus dešimtajame dešimtmetyje. Terminas pirmą kartą pavartotas 2013 metais M. Žalakevičiaus monografijoje *Ornitologijos raida: nuo pirmųjų sieninių olų piešinių iki klimato kaitos ornitologijos*. Netrukus po pirmojo šios krypties mokslinio straipsnio pasirodymo 1992 metais Jeilio universitetas išleido monografiją *Global Warming and Biological Diversity* [*Globalinis atšilimas ir biologinė įvairovė*] (redaktoriai R. L. Petersas ir T. E. Lovejoy). 1995 metais J. F. Burtonas parengė monografiją *Birds and Climate Change* [*Paukščiai ir klimato kaita*]. Remiantis šiomis monografijomis, galima žengti tolesnius žingsnius tyrinėjant klimato kaitos poveikį paukščių gyvenimo metiniam ciklui.
Greitai į šiuos pasaulyje plačiai atliekamus tyrimus įsitraukė Lietuvos ornitologai. 2001 metais Lietuvoje išėjo specialūs du mokslinio žurnalo *Acta Zoologica Lituanica* tomai, kuriuose išspausdinta monografija *Fauna ir klimato kaita* (redaktorius M. Žalakevičius). Tais pačiais metais pasirodė monografija *Climate of the 21st Century: Changes and Risks, Scientific Facts* [*XXI a. klimatas: pokyčiai ir rizika, moksliniai faktai*] (redaktoriai J. L. Lozán, H. Graßl ir P. Hupfer), kurioje nagrinėjamas ir klimato kaitos poveikis paukščiams. 2004 metais leidykla *Elsevier Academic Press* mokslo monografijų serijoje *Advances in Ecological Research* (*Ekologinių mokslinių tyrimų pasiekimai*; Nr. 35) išleido specialų leidinį *Birds and Climate Change* [*Paukščiai ir klimato kaita*] (redaktoriai A. Møller, W. Fiedler ir P. Berthold), kurio pirmąjį skyrių parašė E. Lehikoinenas, T. H. Sparksas ir M. Žalakevičius. Monografiją *Effects of Climate Change on Birds* [*Klimato kaitos poveikis paukščiams*] (redaktoriai A. Møller, W. Fiedler ir P. Berthold) 2010 metais išleido leidykla *Oxford University Press*, o J. W. Pearce'o-Higginso ir R. E. Greeno monografiją *Birds and Climate Change: Impacts and Conservation Responses* [*Paukščiai ir klimato kaita: poveikis ir apsaugos atsakas*] 2014 metais išleido leidykla *Cambridge University Press*. Pastaruosiuose darbuose pagrindinis dėmesys skiriamas įvairiems paukščių gyvenimo metinio ciklo komponentams, veikiamiems klimato kaitos. Šiems tyrimams nemažą dėmesį 2008 metais išleistoje monografijoje *The Migration Ecology of Birds* [*Paukščių migracijų ekologija*] skyrė britų mokslininkas I. Newtonas. Tarp daugybės spausdinamų mokslinių straipsnių deramą vietą užima Lietuvos mokslininkų darbai, padėję įsitvirtinti naujai ornitologijos mokslo šakai – M. Žalakevičiaus monografija *Klimato kaitos ornitologija* išleista 2017 metais.





Knygų Ornitologijos raida *(2013) ir* Klimato kaitos ornitologija *(2017) viršeliai*
(Eglės Ratkutės paveikslai)

Klimato kaitos ornitologija tiria klimato kaitos poveikį planetos paukščių įvairovei, jų paplitimui ir geografinių arealų formavimuisi, paukščių gyvenimo metiniam ciklui – reprodukcijai, lizdų statymo laikui, kiaušinių dėčių dydžiui, perėjimui, jauniklių buvimo lizde laikui, dėčių skaičiui, reprodukcijos sėkmei, reprodukcijos derinimui su maisto gausos pikais, migracijų pradžiai, eigai, pabaigai, migracijų ir atskridimo į perėjimo vietas laikui, žiemaviečių vietoms, migravimo kryptims ir sustojimų pailsėti pasirinkimui. Ši nauja mokslo šaka tiria ir paukščių atsaką į klimato kaitą bei jų galimybes prisitaikyti.

Ar žinote, kad…

- Paukščiai geriausiai parodo aplinkos kaitą ir yra populiariausias daugelio gyvybės mokslų ir jų gretutinių šakų – gyvybės evoliucijos, etologijos, populiacijų biologijos, endokrinologijos, ekologijos, genetikos, zoogeografijos, gyvūnų sistematikos teorijos, histologijos, lyginamosios anatomijos, parazitologijos, bioakustikos, biomechanikos, biofizikos, biochemijos, aplinkotyros, mokslinės terminologijos – tyrimų objektas.
- Pirmasis klimato kaitos ornitologijai priskiriamas mokslinis straipsnis pasaulyje pasirodė prieš 26 metus, o Lietuvos ornitologų publikacija – prieš 20 metų.
- Kasmet pasaulyje išleidžiami keli šimtai mokslinių darbų, skirtų globalinės klimato kaitos poveikiui paukščiams tyrinėti.

Biologinės įvairovės prisitaikymas ir apsauga

68 Kas dabartiniu laikmečiu labiau keičia gyvąją gamtą – žmogaus ūkinė veikla ar klimato atšilimas?

Faktas

Žmogaus ūkinės veiklos ir klimato kaitos poveikis išlieka svarbus, kinta tik šių veiksnių daromo poveikio santykis.

Nuo pat civilizacijos formavimosi pradžios biologinę įvairovę pradėjo veikti auganti žmogaus ūkinė veikla, tinkamų gamtinių buveinių keitimas, fragmentavimas, svarbių rūšims ir bendrijoms šlapių žemių ir pelkių nusausinimas, žemės ūkio monokultūrų atsiradimas ir vyravimas, tiesioginis rūšių naudojimas ir naikinimas. Daugybė vandenynų salose gyvenančių endeminių rūšių išnyko ar prarado turėtus arealus dėl žmogaus veiklos, įvežtų plėšrūnų ir naminių gyvūnų (kačių, šunų, ožkų) poveikio arba dėl to, kad buvo naikinamos tiesiogiai. Šiuo metu Žemės biologinei įvairovei išlaikyti itin svarbios tropikų juostos ekosistemos, Afrikos ir Amerikos žemynų šlapumos, teikiančios prieglobstį ir puikias mitybos sąlygas daugeliui gyvūnų rūšių, darosi vis pažeidžiamesnės. Žmonijos siekis švelninti klimato kaitą skatina biokuro gamybą ir virsta masiniu natūralių buveinių niokojimu.

Žmogaus ūkininkavimo įvairiose Žemės vietose poveikis labai skyrėsi įvairiais istoriniais laikotarpiais. Keitėsi biologinės įvairovės svarbos žmonijai suvokimas, veiksmai, kurių imamasi jai išsaugoti, ir taikomos priemonės. Istoriniu laikotarpiu vykusį gyvosios gamtos naikinimą pakeitė jos apsauga, tam skiriama vis daugiau lėšų. Tai padėjo stabilizuoti gyvosios gamtos egzistavimo sąlygas daugelyje demokratinių Europos ir Šiaurės Amerikos šalių. Kai kurie tyrėjai teigia, kad Europoje 1970–1990 metais žemės ūkio poveikis gyvajai gamtai buvo toks stiprus, kad dėl jo įvykę paukščių populiacijų pokyčiai toliau jau nebevyksta – paukščiai prisitaikė prie šio poveikio, susiformavo jį toleruojančios bendrijos. Be to, Lietuvoje po 1991 metų žemių melioracija beveik sustojo, ūkininkavimo poveikis susilpnėjo, atsirado naujų paukščiams perėti tinkamų buveinių, sustiprėjo paukščių apsauga, išskirta daug naujų saugomų teritorijų. Nepaisant taikomų apsaugos priemonių, paukščių rūšys toliau nyksta ir traukiasi iš saugomų teritorijų. Atsirado naujas pavojus – globalios klimato kaitos poveikis, dėl kurio



Žemės ūkio poveikiui maksimaliai suintensyvėjus, kai kurios paukščių rūšys prisitaikė ir susiformavo jį toleruojančios bendrijos. Tyrėjai mano, kad Europoje įvykę šių rūšių populiacijų pokyčiai, nulemti žmogaus ūkininkavimo, toliau jau nebevyksta (Vito Stanevičiaus nuotrauka)

kai kurių rūšių paukščiai palieka Lietuvos ekosistemas, saugomose teritorijose esančias perėjimo buveines, nes šios nyksta dėl pokyčių, vykstančių šylant klimatui. Todėl tyrėjams seniai kyla klausimų, kas dabartiniu laikmečiu daro didesnį poveikį rūšims ir bendrijoms – žemės naudojimo pokyčiai ar globali klimato kaita. Tikslaus atsakymo į šį klausimą nėra, nes abu veiksniai svarbūs – įvairiuose Žemės regionuose jie užleidžia „pirmenybę“ vienas kitam. Todėl, siekiant atskirti šių dviejų veiksnių įtaką biologinei įvairovei naudojamose skirtingo tipo buveinėse ir norint išaiškinti vykstančio didelio specializuotų (t. y. ypatingų poreikių gyvenamajai vietai turinčių) rūšių nykimo priežastis (nykimas yra klimato kaitos pasekmė, arba intensyvios žmogaus veiklos padarinys, arba jį lemia vienu metu veikiantys abu šie veiksniai), būtini tolesni specialūs tyrimai. Tokie tyrimai būtini ir todėl, kad yra duomenų, jog temperatūros įtaka svarbesnė Europos šiauriniuose kraštuose, o Centrinėje ir Pietinėje Europoje svarbesniais paukščių rūšių gausą lemiančiais veiksniais tampa žemės naudojimo ir kritulių kaitos poveikis.

Ar žinote, kad…

- Paukščių rekolonizacija tebevyksta ir dabartiniame laikmetyje – holocene, kuris prasidėjo prieš 10–11 tūkst. metų; o ją įvairiai veikia ir šiltesni (750–1250 ir 1850–1950 m.) ir šaltesni (Mažojo ledynmečio – 1250–1850 m.) laikotarpiai bei dabartinis klimato atšilimas.
- Neigiamas poveikis biologinei įvairovei didesnis natūraliuose ir pusiau natūraliuose plotuose bei miškuose, o mažesnis – žemės ūkio paskirties žemėje, pakeistoje prieš daugybę dešimtmečių ar net šimtmečių.
- Argentinoje augalų, skirtų biodegalų gamybai, plantacijos jau sudaro pusę visos žemės ūkiui skirtos žemės ploto.

69 Ar įmanoma numatyti klimato kaitos pasekmes biologinei įvairovei?

Faktas
Klimato pokyčių poveikio ateities biologinei įvairovei modeliavimas yra svarbus įrankis, leidžiantis numatyti būsimas pasekmes ir parinkti apsaugos būdus ir priemones.

Siekdami apsaugoti biologinę įvairovę nuo klimato kaitos padarinių, turime numatyti, kaip ji bus veikiama ateityje ir kaip stipriai keisis klimatas. Modeliuojant klimato poveikį biologinei įvairovei, dažniausiai taikant statistinius bioklimatinius modelius, daugiausia yra tyrinėti paukščiai ir vabzdžiai. Modelių pagrindą sudaro rūšių geografinio paplitimo priklausomybė nuo klimato ir jo kaitos. Vienas tokių modelių, kuriame prognozuojamas Europoje perinčių paukščių paplitimas ir gausumas, yra kelių autorių (B. Huntley, R. E. Greeno, Y. C. Collinghamo ir S. G. Williso) leidinys *A Climatic Atlas of European Breeding Birds* [*Europos perinčių paukščių klimatinis atlasas*], išleistas 2007 metais. Naudojant tris bendrosios atmosferos cirkuliacijos modelius ir du ŠESD išmetimo scenarijus, šiame leidinyje prognozuotas 2070–2099 metų klimatas. Klimatiniai modeliai palyginti su visų Europoje perinčių paukščių rūšių paplitimo duomenimis XX amžiaus devintajame dešimtmetyje ir pasiūlyti galimi 431 paukščių rūšies perėjimo arealai. Modeliuojant klimato poveikį, rūšių paplitimo žemėlapiai, naudojant tam tikro dydžio gardeles, kuriose paukščiai sutinkami ar jų nėra, buvo gretinami su klimato parametrais: vidutine žiemos temperatūra, vidutine šalčiausio laikotarpio temperatūra, Saulės jonizuojančiosios spinduliuotės kiekiu tam tikroje teritorijoje, temperatūrų suma laipsniadieniais, dienos temperatūromis, didesnėmis nei 5 °C, kritulių kiekiu, drėgmės prieinamumu, dirvožemio vandens kiekiu, faktinio ir galimo išgaravimo santykiu (AET/PET), dirvožemio drėgmės lygiu. Kalnuotų vietovių klimato poveikiui modeliuoti papildomai taikytas ir aukščio virš jūros lygio kintamasis. Paukščių paplitimas aprašytas matematiniu modeliu, kurį galima palyginti su ankstesniais duomenimis, kitų teritorijų modeliais, juo remiantis numatyti prognozę ateičiai. Būsimo klimato scenarijai kuriami įvairių šalių klimato centrų – sudaromi bendrieji atmosferos cirkuliaciniai modeliai. Duomenis apie paukščius sudaro perinčių paukščių atlasų, muziejinių kolekcijų duomenys, pavienių tyrėjų surinkti tyrimų rezultatai. Tai rūšių populiacijų tankio apskaitos ar stebėsena, linijinių transektų[1], taškinių apskaitų metu surinkti rezultatai, kurie dabartiniu laikmečiu atspindi ne klimato poveikį, o kitų veiksnių – žmonių vykdomo persekiojimo, buveinių naikinimo ir fragmentacijos, pelkių sausinimo, miškų kirtimo ir intensyvios eksploatacijos, rūšių naudojimo ar taršos padarytą įtaką. Dabartinė tam tikroje teritorijoje stebima rūšių visuma yra prisitaikiusi ir išlikusi vykstant intensyviam aplinkos keitimui, todėl pagal esamą situaciją sudaryti modeliai gali neatspindėti būsimų pokyčių, atsirasiančių kintant klimatui. Siekiant išvengti modelių iškraipymų, vienas iš galimų sprendimų yra naudotis duomenimis, surinktais tiriamoje teritorijoje iki žmogaus intensyvaus ūkininkavimo, arba žmogaus pažeistų plotų neįtraukti į kuriamus modelius.

[1] Transekta (lotyniškai *trans* – skersai + *secare* – kirsti) – metodas, kai giedančių paukščių apskaita atliekama griežtai nustatytų maršrutų linijose.



Siekiant išvengti modelių iškraipymų, kuriant klimato modelius pageidautina nenaudoti žmogaus pažeistų plotų (Rasos Žalakevičiūtės nuotraukoje – žmogaus veiklos dar nepažeisti Havajai)

Ar žinote, kad…

- Globalus klimato atšilimas 2–6 °C paukščių rūšių arealus vidutiniškai sumažins 11–23 %, jei paukščiai greitai užims naujai atsiradusias jiems tinkamo klimato teritorijas, o nevykstant kolonizacijai arealų mažėjimas sieks net 41–74 %.
- Globalus klimato atšilimas 2–6 °C staigų išnykimo pavojų sukels 10–15 % rūšių.
- Didžiojoje Britanijoje iki 2080 metų prognozuojamas ypač didelis didžiosios kuolingos populiacijos mažėjimas (66 %, jei globalioji temperatūra padidės 3,9 °C) – jai gresia išnykimas.
- Kvinslande (Australijoje) pagal stiprios klimato kaitos scenarijų iki 2050 metų išnyks 49–85 % endeminių paukščių rūšių, o iki 2070 metų – net 57 %. Kalifornijoje įsitvirtins naujų paukščių rūšių bendrijos, kurios paveiks senbuves.

70 Ar biologinė įvairovė be žmogaus pagalbos prisitaikytų prie būsimo klimato?

Faktas

Kai kuriais atvejais šiuolaikiniai globalūs klimato pokyčiai jau yra greitesni už biologinės įvairovės įgytą gebėjimą prisitaikyti prie kintančios aplinkos.

Paleontologiniai tyrimai rodo, kad Žemėje buvo daugybė periodų, kai masiškai išnykdavo biologinės rūšys, ištisos gentys ir šeimos. Jas keisdavo kitos, dalis jų išliko iki mūsų laikų. Tiesa, vertinant pagal geologinių praeities epochų trukmę, nykimas nebuvo labai greitas. Pagrindine priežastimi dažniausiai tapdavo staigi klimato kaita. Dabartiniam klimato atšilimui būdingas staigus planetos oro temperatūros didėjimas, kokio anksčiau nėra buvę. Be to, žmonijos veikla drastiškai keičia natūralias ekosistemas. Tai kelia nerimą. Iki mūsų laikų išgyvenusios rūšys vykstant evoliucijai per milijonus metų yra įgijusios tam tikrus prisitaikymo mechanizmus, apimančius visą informaciją apie ankstesnius aplinkos pokyčius ir gebėjimą juos išgyventi. Tačiau dabartiniai globalūs klimato pokyčiai šiuolaikinėms rūšims yra naujas iššūkis ir dėl kitų priežasčių, pirmiausia – stipriai pakitusios planetos aplinkos, jos ekosistemų, rūšių naudojamų buveinių, rūšims judėti trukdančių barjerų. Todėl mokslininkams kyla daug abejonių, ar biologinės rūšys gebės prisitaikyti prie tolesnio klimato šiltėjimo. Tai priklauso nuo daugelio veiksnių – rūšių filogenetinių skirtumų, rūšių specifinių biologinių ir ekologinių savybių, planetos platumos ir ilgumos, kurioje rūšys gyvena, ekosistemų, naudojamų buveinių, pagaliau – nuo to, kiek žmogaus veikla keičia naudojamą aplinką ir kiek rūšys yra naudojamos žmogaus. Rūšims prisitaikyti prie klimato kaitos trukdo dėl žmogaus veiklos atsirandanti vis didesnė joms tinkamų buveinių fragmentacija. Persikelti į naujus arealus trukdo nauji keliai, žemės ūkio naudmenys, iškirsti miškai, pastatytos fermos, miestai, gamyklos, dėl buveinių fragmentacijos ateinančios naujos invazinės rūšys ir plėšrūnai, kiti barjerai, tarp jų natūralūs – kalnai, vandens telkiniai, jūros. Todėl mokslininkai teigia, kad veikiant klimato kaitai daugelio rūšių arealai toliau trauksis, vis daugiau rūšių taps pažeidžiamos, mažės jų gausa. Rūšių arealų kaita bendrijoje vyksta nevienodai, ji priklauso nuo rūšių savybių. Todėl senosios bendrijos yra suardomos, keičiasi konkurencija tarp rūšių, plėšrūnai, aukos, parazitai, prie kurių tenka prisitaikyti iš naujo. Klimato kaita nevienodai keičia įvairių rūšių paplitimą, todėl susidaro naujos rūšių grupės, kurioms gali būti sudėtinga sugyventi ir prisitaikyti. Pavyzdžiui,

← Turinys →



Didelį pavojų migruojantiems ir perintiems paukščiams kelia Vakarų Lietuvoje sparčiai didėjantys vėjo jėgainių parkai (Rasos Žalakevičiūtės nuotrauka)

Kosta Rikoje vaivorykštinis tukanas plečia perėjimo arealą aukštyn į kalnus, įsiterpdamas į puikiojo kvezalo arealą, kuriame maitinasi šios rūšies paukščių kiaušiniais ir jaunikliais.

Vertinant pagal tai, kaip iki šiol vykdyta biologinės įvairovės rūšių apsauga padėjo stabilizuoti ar net atkurti nykstančias rūšis, galima teigti, kad žmonija neturi kito pasirinkimo kaip padėti rūšims išlikti, užtikrindama joms efektyvią ir mokslo žiniomis paremtą pagalbą. Nors žmonijai tai yra nauja patirtis, organizuojant rūšių išsaugojimą racionalu į dabartinę jų apsaugą integruoti specifinius apsaugos būdus, kurie siekiant išvengti didesnio klimato kaitos poveikio rūšims ir populiacijoms būtų taikomi ateityje.

Ar žinote, kad…

- Pasaulyje įkurta daugybė tarptautinių ir nacionalinių aplinkosaugos organizacijų, kuriose dirba milijonai darbuotojų, mėgėjų ir savanorių. Visų jų veikla skirta biologinei įvairovei išsaugoti.
- Yra daugybė būdų padėti rūšims išlikti. Jiems priskiriamos mokslinių tyrimų ir stebėsenos, politinės, institucinės, planavimo ir techninės priemonės.
- Kiekvienas iš mūsų savo veiksmais ir tinkamu elgesiu galime prisidėti prie biologinės įvairovės išsaugojimo.

← Turinys →

71 Ar tarptautinės ir Lietuvos aplinkosauginės organizacijos yra pasirengusios dorotis su klimato kaitos keliamais iššūkiais?

Faktas
Aplinkosauginėms organizacijoms klimato kaitos keliami iššūkiai dar yra naujiena, tad su jais kovodamos jos žengia pirmuosius žingsnius.

Organizuojant rūšių apsaugą, kai žinoma, jog vyksta klimato kaita, ypač svarbu nustatyti, kurios rūšys ir jų naudojamos buveinės ateityje pateks į pavojų. Tai leidžia gerokai sutaupyti apsaugai skiriamų lėšų. Tarptautinė paukščių apsaugos organizacija *BirdLife International* pavojuje esančių – nykstančių ir pažeidžiamų – rūšių kategorijai priskiria 1253 paukščių rūšis, o tokiomis gresia tapti dar 843 paukščių rūšims. Rūšių apsauga apima ir jų naudojamas buveines, tarp jų ir saugomas – pagrindines biologinės įvairovės zonas, svarbias paukščiams teritorijas, paukščių apsaugai svarbias teritorijas ir kitas. Šių saugomų teritorijų išskyrimo procedūros ir jas reglamentuojanti įstatymų bazė kurta neatsižvelgiant į klimato kaitos keliamus iššūkius, nes remtasi prielaida, kad saugomi objektai ilgesnį laiką išliks nepakitę. Todėl taikomos finansinės investicijos nėra efektyvios ir artimoje bei vidutinės trukmės perspektyvoje tokiomis netaps. Tai galima matyti peržvelgus tarptautinių paukščių apsaugos konvencijų – Ramsaro, Pasaulio paveldo, Biologinės įvairovės, Bonos (Migruojančių rūšių) dokumentus ir ES Paukščių bei Buveinių direktyvas, kuriose neužsimenama apie realų klimatos kaitos poveikį šiuose susitarimuose aptariamoms sritims. Aplinkosaugininkai nurodo, kad ES Paukščių ir Buveinių direktyvos paukščiams prisitaikant prie klimato kaitos galėtų būti nesunkiai pritaikytos keturiais būdais: sukuriant saugomas teritorijas, tinkamai valdant saugomų teritorijų vidaus ir išorės aplinką, atkuriant pažeistas buveines ir sukuriant naujas. Kadangi paukščiams svarbios teritorijos yra įkuriamos remiantis naujausiomis mokslo žiniomis, akivaizdu, kad vykstant klimato kaitos nulemtiems aplinkos pokyčiams, kinta ir tos mokslinės žinios, kuriomis turi remtis tiek paukščiams svarbių teritorijų planavimas ir išskyrimas, tiek jų apsauga ir tvarkymas. Deja, mūsų šalyje tokia praktika nėra taikoma, ir tai yra daugumos tarptautinių ir šalies nevyriausybinių organizacijų problema. Padėtis geresnė Susitarimą dėl Afrikos ir Eurazijos migruojančių vandens paukščių išsaugojimo (AEWA) pasirašiusiose šalyse, mat šis susitarimas joms nurodo taikomus veiksmus derinti prie vykstančios klimato kaitos. Susitarimas jau taikomas atliekant rūšių pažeidžiamumo dėl klimato kaitos vertinimą Afrikos–Eurazijos migraciniame kelyje.

Nustatyti klimato kaitos poveikį sunku todėl, kad poveikio kraštovaizdžiui, ekosistemoms ir biologinei įvairovei tyrimų, ypač pagrįstų daugiamečiais stebėjimais, Lietuvoje atliekama akivaizdžiai nepakankamai. Pastarųjų keleto dešimtmečių sezoniniai atskirų gyvūnų rūšių populiacijų gausos ir migracijos laiko bei krypčių pokyčiai gali būti siejami su klimato kaita. Dėl šios priežasties biologinės įvairovės, augalijos ir gyvūnijos tyrimai ir apsauga, saugomų teritorijų išskyrimas, ypač jų tvarkymas, Lietuvoje kartais atliekami nevisiškai įvertinant gamtinius procesus ir klimato kaitą.



Meldinė nendrinukė yra vienintelė Europos žvirblinių paukščių rūšis, priskirta prie globaliai nykstančių rūšių (S. Seyfert nuotrauka). *Lietuvoje ši rūšis labai reta, ji įrašyta į Lietuvos raudonąją knygą, įtraukta į Lietuvos Respublikos griežtai saugomų gyvūnų, augalų ir grybų rūšių sąrašą*

Tarptautinis bendradarbiavimas, taikomos nacionalinės priemonės ir bendri valstybių veiksmai rūšių apsaugą nuo klimato kaitos gali padėti padaryti gerokai efektyvesnę. Tačiau šiam tikslui pasiekti būtinos visos galimos atsargos ir žmonijos sukaupta patirtis, pirmiausia – profesionalūs moksliniai tyrimai (deja, neretai tinkamai nepanaudojami), taip pat racionalūs politiniai ir teisiniai veiksmai ir galiausiai – tinkamos techninės priemonės.

Ar žinote, kad...

- 1993 metų spalio 27 dieną Lietuva prisijungė prie Jungtinių Tautų Konvencijos dėl pelkių, turinčių tarptautinę reikšmę, ypač vandens ir pelkių paukščių apsaugai (kitaip dar vadinama Ramsaro konvencija).
- 1995 metų liepos 3 dieną Lietuvoje patvirtinta Jungtinių Tautų Biologinės įvairovės konvencija.
- 1996 metų birželio 1 dieną Lietuvoje patvirtinta Europos Tarybos priimta Europos laukinės gamtos ir gamtinės aplinkos apsaugos konvencija (Berno konvencija).
- 2001 metų gegužės 22 dieną Lietuva patvirtino Jungtinių Tautų Migruojančių gyvūnų rūšių išsaugojimo konvenciją (kitaip – Bonos konvenciją).
- 2004 metų birželio 29 dieną mūsų šalyje patvirtintas susitarimas dėl Afrikos ir Eurazijos migruojančių vandens paukščių išsaugojimo.

72 Ar dabartinė Lietuvos saugomų teritorijų sistema paukščių rūšis ir bendrijas apsaugos nuo kintant klimatui gresiančio išnykimo?

Faktas

Mokslininkų tyrimai rodo, kad vykstant klimato kaitai tik apie 15 % dabartinių paukščių apsaugai svarbių teritorijų (PAST), išskirtų Lietuvoje, gali būti perspektyvios.

Mūsų šalyje stebima ryški klimato kaita paukščių rūšis ir populiacijas jau dabar veikia visais metų laikais ir daro įtaką visiems be išimties jų metinio gyvenimo ciklo komponentams. Lietuvoje peri 212 paukščių rūšių, ir, dėl klimato atšilimo jų arealams traukiantis šiaurės rytų kryptimi, 74-ių šiaurinių rūšių (trečdalis) paukščiai, perintys rūšies arealo vakarinėje, pietvakarinėje ir pietinėje periferijose, gali būti priversti pasitraukti iš mūsų šalies teritorijos, o du trečdaliai paukščių, perinčių arealo centrinėje ir šiaurinėje, šiaurės rytinėje ir rytinėje periferijose (pietinės rūšys) patiria teigiamą poveikį – jų populiacijų būklė gerėja. Taigi perėjimas rūšies arealo pietvakarinės krypties periferijoje susijęs su tolesniais populiacijos praradimais, o arealo centrinėje dalyje ir šiaurės rytinių krypčių periferijoje – su populiacijos patiriamu teigiamu poveikiu. Veikiant klimato kaitai, atsiranda pavojus rūšims išnykti. Rūšių, kurios nesugeba prisitaikyti prie kintančio klimato nulemtų pokyčių ekosistemose, populiacijos sumažėja labiausiai. Labiau sumažėja ir populiacijos tų rūšių, kurias dar veikia ir žmogaus ūkinė veikla. Žymūs neigiami populiacijų pokyčiai pastaraisiais dešimtmečiais stebimi tarp tolimųjų migrantų rūšių. Manoma, kad pokyčiai vyksta dėl to, kad tolimieji migrantai yra prasčiau prisitaikę prie klimato atšilimo. Todėl, norint nustatyti įvairių paukščių rūšių populiacijų jautrumą klimato kaitai, būtina speciali stebėsena, kuri parodytų atskirų rūšių populiacijų būklę ir arealų kaitą, taip pat specialūs moksliniai tyrimai. Be abejo, labai svarbu atskirti klimato kaitos ir kitų veiksnių daromą poveikį, pavyzdžiui, pastaruoju metu vėl didėjančią žemės ir miškų ūkio, žuvininkystės ir žvejybos, pramonės ir miestų plėtros keliamos taršos įtaką.

Lietuvoje atlikus tyrimus nustatyta, kad įvairių rūšių paukščių perėjimo arealo fragmentiškumas, perėjimas šlapiose buveinėse bei rūšies arealo vakarinėje, pietvakarinėje ir pietinėje periferijose yra tarpusavyje artimai susiję ir, XXI a. klimatui toliau šylant, minėtose periferijose mūsų šalyje perinčių rūšių paukščiai patirs didžiausią pavojų išnykti.

Akivaizdu, kad Lietuvai būdinga saugomų teritorijų išskyrimo praktika turėtų būti keičiama – ją reikėtų pritaikyti prie kintančių aplinkos sąlygų. Saugomų teritorijų tinklas (įskaitant PAST) turi būti optimizuotas ir tvarkomas, atsižvelgiant į dėl klimato kaitos vykstančius rūšių ir jų naudojamų buveinių pokyčius ir remiantis profesionalių mokslinių tyrimų rezultatais bei mokslininkų rekomendacijomis.

Ar žinote, kad…

- 1200 augalų rūšių vertinimas parodė, kad XXI amžiaus pirmojoje pusėje Europos saugomos teritorijos praras 6–11 % rūšių.
- Iš 53 Lietuvoje perinčių ir į Lietuvos raudonąją knygą įrašytų 1–3 kategorijos paukščių rūšių 18 (34 %) turi didėjančias ar stabilias populiacijas, o 35 rūšių (66 %) populiacijos mažėja.
- Į Lietuvos raudonąją knygą neįrašytų perinčių paukščių rūšių grupėje stebimas priešingas dėsningumas – iš 135 tirtų 107 (79,3 %) rūšių populiacijos didėjo ar buvo stabilios, 28 (20,7 %) rūšių populiacijos mažėjo.
- Per XXI amžių 60 % saugomų paukščių rūšių, perinčių 78 Lietuvos PAST, turėtų iš jų pasitraukti (žr. lentelę).

Paukščių rūšys		
juodakaklis naras*	**paprastoji jerubė**	**paprastoji lututė**
didysis baublys	didysis baltasis garnys	**balinė pelėda**
juodasis gandras	pilkoji gervė	europinis lėlys
gulbė giesmininkė	paprastoji avocetė	paprastasis tulžys
paprastoji rudė	**dirvinis sėjikas**	europinis žalvarnis
erelis žuvininkas	**miškinis tikutis**	juodoji meleta
mažasis erelis rėksnys	**gaidukas**	vidutinis margasis genys
paprastasis jūrinis erelis	**paprastasis stulgys**	**pilkoji meleta**
vakarinis vapsvaėdis	**juodakrūtis bėgikas**	**baltnugaris genys**
nendrinė lingė	**mažasis kiras**	**tripirštis genys**
pievinė lingė	**upinė žuvėdra**	dirvoninis kalviukas
juodasis peslys	mažoji žuvėdra	lygutė
vakarinis kurtinys	**juodoji žuvėdra**	**paprastoji mėlyngurklė**
eurazinis tetervinas	baltaskruostė žuvėdra	**meldinė nendrinukė**
pilkoji kurapka	**didysis apuokas**	paprastoji medšarkė
paprastoji švygžda	**uralinė pelėda**	**sodinė starta**
plovinė vištelė	**žvirblinė pelėda**	

** Rūšys, saugomos PAST ir kurioms gresia pavojus išnykti, paryškintos*

73 Ar švelnindami klimato kaitą nepakenksime biologinei įvairovei?

Faktas
Kai kurios priemonės, taikomos švelninant klimato šiltėjimą, kenkia ekosistemoms, rūšims, jų populiacijoms ir bendrijoms.

Įvairių pasaulio šalių politikai ir visuomenės sutaria, kad žmonija turi rasti būdų stabdyti klimato kaitą ar bent mažinti jos mastą ir greitį. Tam siūlomos įvairios priemonės ir mechanizmai, kurių dalis jau taikoma. Deja, šios priemonės turi tam tikrą kainą – finansinę, socialinę ir aplinkosauginę. Taisydami vienas klaidas, čia pat darome kitas – beveik visos taikomos technologijos kelia tam tikrą pavojų biologinei įvairovei, nes dėl jų didėja rūšių mirtingumas ar nyksta joms tinkamos buveinės. Kai kurie mokslininkai mano, kad intensyvus klimato kaitos švelninimas, naudojant alternatyvias ir atsinaujinančias energetikos rūšis, biologines rūšis ir populiacijas gali paveikti dar neigiamiau nei pati klimato kaita.
Kol kas atrodo, kad draugiškiausias biologinei įvairovei yra saulės energijos naudojimas. ŠESD mažinimas, saugant miškus ir durpynus bei juos atkuriant, taip pat saugo biologinę įvairovę. Pražūtingą poveikį paukščiams ir šikšnosparniams daro vėjo jėgainės. Paukščiai žūva atsitrenkę į šių jėgainių bokštus ar besisukančias mentes. Masinės paukščių žūtys įvairiuose žemynuose aprašytos daugybėje straipsnių. Išskirtinę paukščių, žuvusių atsitrenkus į vėjo jėgaines, dalį užima plėšrieji paukščiai, ypač per migraciją, skrendantys koridoriais ties siauriausiomis jūrų ir ežerų vietomis, palei nukreipiančias skrydį jūrų krantų linijas, virš siauriausių sausumos ruožų ar tarp kalnų grandinių, jei jos sutampa su vėjo jėgainių parkais. Nukenčia ir netoliese perintys kolonijinių rūšių paukščiai. Hidroelektrinių užtvankos, darydamos poveikį pakrančių ir šlapumų ekosistemoms ir buveinėms, paveikia ir su tomis buveinėmis susijusias paukščių rūšis. Neigiamą poveikį paukščiai patiria naudodamiesi su hidroelektrinėmis besiribojančiomis sausumos buveinėmis, kurios dažniausiai užsemiamos, suardomos ar pertvarkomos. Potvynių ir atoslūgių bei bangų energijos panaudojimo poveikis biologinei įvairovei taip pat akivaizdus. Skersai estuarijų[1] įrengiamų užtvarų, kuriose šliuzai atidaromi per potvynį ir uždaromi per atoslūgį, poveikis pasireiškia vykdant gyvūnijai trukdančius konstrukcijų įrengimo darbus, dėl susidūrimų, nuosėdų kaupimosi pokyčių, buveinių pasikeitimo ar paveikiant paukščių jūrų grobio, vartojamo maistui, rūšis. Bioenergijos gamyba reikalauja plėsti žemių plotus, naikinant pusiau natūralias ar natūralias buveines, nes žemės ūkio paskirties žemių naudojimas nėra pageidautinas. Dėl to mažėja rūšims tinkamų buveinių plotų. Neigiamą poveikį paukščiams turi ir antžeminiai elektros energijos perdavimo tinklai, su kuriais susidūrę sparnuočiai žūva.
Todėl akivaizdu, kad taikydami klimato kaitos švelninimo priemones kartu turime sumažinti jų neigiamą poveikį biologinei įvairovei.

[1] Estuarija (lotyniškai *aestuarium* < *aestus* – potvynis) – siaura, į sausumą įsiterpusi įlanka, kurioje atsiveria upės žiotys (*red. past.*).

Aiškus Didžiojoje Britanijoje nustatytas pavyzdys, kad paukščiai vengia lankytis arti dvylikos vėjo jėgainių

Rūšis	Tirtas atstumas, m	Nustatytas populiacijos tankio sumažėjimas, %
Paprastasis suopis	500	41 (16–58)
Javinė lingė	250	53 (0–74)
Dirvinis sėjikas	200	39 (4–59)
Paprastasis perkūno oželis	400	48 (8–68)
Didžioji kuolinga	800	42 (3–73)
Pievinis kalviukas	100	15 (3–25)
Paprastasis kūltupys	200	44 (5–65)

Ar žinote, kad…

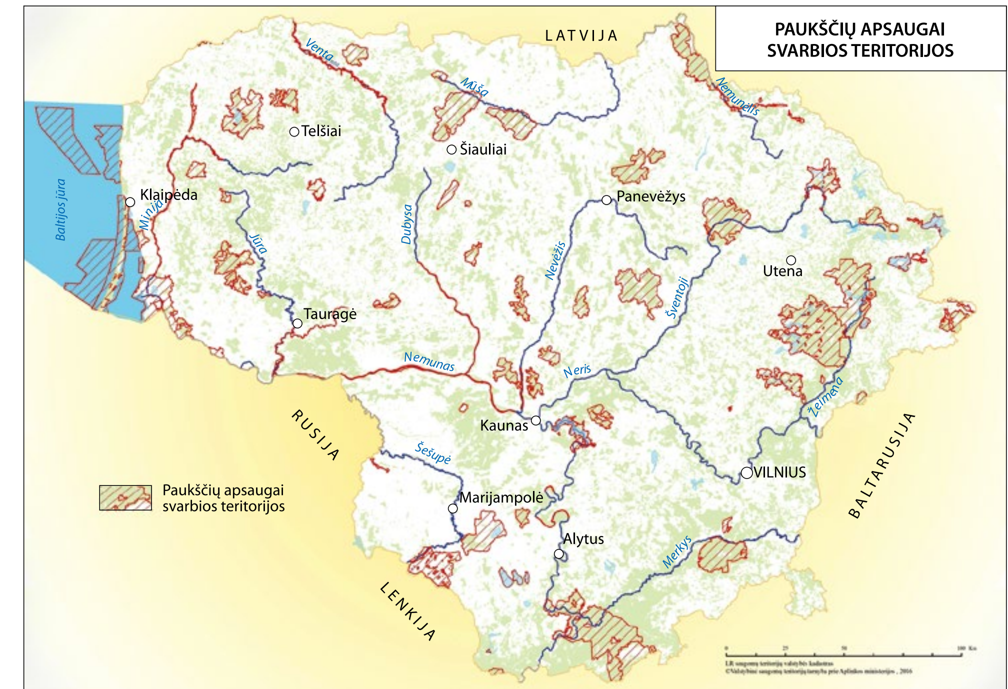
- Europoje atliktų tyrimų duomenimis, 45 % išnagrinėtų atvejų nustatytas neigiamas vėjo jėgainių parkų poveikis perinčių paukščių populiacijų tankiui. Europoje žiemojančioms paukščių populiacijoms neigiamas poveikis nustatytas 57 % atvejų.
- Altamont Paso (*Altamont Pass*) vietovėje Kalifornijoje, kurioje 1993 metais buvo įrengta 7300 vėjo jėgainių ir per kurią migruoja daugybė plėšriųjų ir pelėdinių paukščių, per pirmus 20 šio parko veiklos metų žuvo nuo 35 tūkst. iki 100 tūkst. paukščių.
- Atlikti tyrimai parodė, kad prie Kauno hidroelektrinės dirbtinai suformuotose mariose vandens horizonto pakilimai, siekiantys 0,4 m, sunaikino iki 35 % rudagalvės ir kuoduotosios ančių lizdų, taip pat 33 % paprastojo laukio, 32 % juodosios žuvėdros, 20 % ausuotojo krago lizdų. Buvo nustatyta, kad paukščių dėtis užliejantys aukštesni nei 10 cm vandens lygio pakilimai lėmė 57–79 % visų juodosios žuvėdros dėčių netekčių.

74 Ar klimato kaita skatina keisti biologinės įvairovės apsaugos strategiją ir politiką?

Faktas
Biologinės įvairovės apsauga kintant klimatui reikalauja naujo požiūrio ir naujų įgyvendinimo būdų, todėl aplinkosaugos strategija ir politika turėtų būti keičiamos iš esmės.

Norint išsaugoti biologinę įvairovę iš aplinkosaugininkų reikalaujama keisti mąstyseną. Lietuvoje egzistuojančios problemos išryškėja keliuose strateginiuose dokumentuose. 2015 metais Aplinkos ministerijos užsakytoje studijoje, kurioje apibūdinamas atskirų sektorių jautrumas klimato kaitos poveikiui, įvertinta rizika ir galimybės prisitaikyti prie klimato kaitos. 2015 metų Lietuvos Respublikos Seimo patvirtintoje Nacionalinėje aplinkos apsaugos strategijoje išskiriamos 4-ios prioritetinės aplinkos apsaugos politikos sritys: darnus išteklių naudojimas ir aplinkos tvarkymas; aplinkos kokybės gerinimas; ekosistemų stabilumo išsaugojimas; klimato kaitos švelninimas ir prisitaikymas prie jos. Be to, ekosistemų ir biologinės įvairovės išsaugojimo dalyje išvardyti artimiausi būtini atlikti darbai – ilgalaikės stebėsenos organizavimas, mokslinių tyrimų intensyvinimas, biologinei įvairovei daromo poveikio prognozės sudarymas. Tais pačiais metais Aplinkos ministerijos patvirtintame Kraštovaizdžio ir biologinės įvairovės išsaugojimo 2015–2020 metų veiksmų plane, kuriame numatyta išsaugoti biologinę įvairovę veikiant klimato kaitai, pateiktos pagrindinės nuostatos. 2007 metų Aplinkos ministerijos užsakytoje Klimato kaitos poveikio šalies ekosistemoms, biologinei įvairovei, vandens ištekliams, žemės ir miškų ūkiui ir žmonių sveikatai įvertinimo studijoje ir pasekmių švelninimo strateginiame plane buvo pasiūlyta, kad artimiausioje ateityje Lietuvoje būtina įvertinti skirtingą ekosistemų ir rūšių reakciją į klimato kaitos poveikį bei reikalingas taikyti inovatyvias specifines apsaugos priemones. Šioje studijoje ir plane nustatytos veiksmingiausios prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės ir vertinimo kriterijai, nurodyti būtini tyrimai, pasiūlytos ekosistemų ir biologinės įvairovės prisitaikymo priemonės, kurios šiuo metu reikalauja peržiūrėjimo ir išsamesnės analizės, leisiančios rasti efektyviausius būdus biologinei įvairovei apsaugoti nuo neigiamų klimato kaitos padarinių.

Akivaizdu, kad kintant klimatui turėtų būti skiriama daugiau dėmesio biologinei įvairovei išsaugoti, – pastaruoju laikmečiu stebimi biologinės įvairovės pokyčiai reikalauja skubiai ir iš esmės keisti aplinkosaugos strategiją



Paukščių apsaugai svarbios teritorijos Lietuvoje (Valstybinės saugomų teritorijų tarnybos duomenimis)

ir politiką. Aplinkosaugos tikslai, ilgą laiką Lietuvoje grįsti daugiau klimato stabilumo prielaidomis, turėtų būti keičiami naujomis veiksmų taisyklėmis, pritaikytomis prie nuolat kintančios aplinkos. Būtina ieškoti sprendimų, kaip sumažinti biologinei įvairovei kylantį pavojų, atsižvelgiant į rūšių ir jų buveinių pasirinkimo specifiškumą, regioninius klimato kaitos pokyčius, pasirenkant efektyvius apsaugos ir reguliavimo būdus. Rengiant planus, skirtus rūšių apsaugai tvarkyti, ar atliekant teritorijų tvarkymo darbus, būtina atsižvelgti į tų rūšių jautrumą klimato kaitai. Norint pakeisti esamą padėtį, būtina efektyviai panaudoti šalies mokslo potencialą ir nuolat atnaujinti biologinės įvairovės kaitos prognozes.

Ar žinote, kad…

- 30 iš 50 Lietuvos paukščių apsaugai svarbiose teritorijose saugomų populiacijų, kurios peri rūšių arealų vakarų, pietvakarių ir pietų periferijose, bus paveiktos pirmiausia ir gali pasitraukti iš šių teritorijų – taigi ir iš Lietuvos.
- Lietuvos paukščių apsaugai svarbiose teritorijose visos saugomos rūšys turėtų išlikti 12-oje teritorijų iš 78; iš 26 teritorijų turėtų pasitraukti nuo 1/4 iki 3/4 rūšių, iš 3 teritorijų – daugiau nei 3/4 rūšių, o 37 teritorijose turėtų nelikti visų jose perinčių rūšių.

75 Kuo skiriasi paukščių rūšių ir bendrijų prisitaikymo prie klimato kaitos galimybės jiems keičiant arealus horizontaliai ir vertikaliai?

Faktas

Galimybė prisitaikyti prie klimato kaitos yra daug didesnė, kai rūšių ir bendrijų arealai juda horizontaliai, o minimali – arealams judant kalnuose.

Dabartinė rūšių arealų kaita (horizontaliai jie plinta ašigalių link ir kalnuose vertikaliai), vykstanti įkandin temperatūros optimumų, yra atsakas į klimato šiltėjimą. Vykstant evoliucijai rūšys yra įgijusios tam tikrų galimybių prisitaikyti prie nuolat kintančio klimato, todėl šiuo metu planetoje gyvena paukščių rūšys, kurios sugebėjo išlikti iki mūsų laikų (kitos, priešingai, – išnyko). Tačiau įvairios ekologinės rūšių grupės yra įvairiai prisitaikiusios – tai priklauso tiek nuo gyvenamosios aplinkos, tiek nuo ekosistemoms žmogaus daromo poveikio ypatumų, tiek nuo rūšių biologijos ir ekologijos. Be to, rūšims būdingos skirtingos judėjimo (dispersijos) galimybės. Tačiau rūšys, prisitaikydamos prie naujų teritorijų teikiamų galimybių, neretai susiduria su netinkamomis gyventi buveinėmis, vandenynais, jūromis ar kalnų grandinėmis. Mūsų gyvenamuoju laikmečiu didžiuliai žemių plotai yra žmogaus pertvarkyti į miestų, oro uostų, kelių, gamyklų, užtvankų, karjerų, kultūriniams augalams ir monokultūroms auginti skirtus plotus. Be to, klimato kaitai švelninti taikomos priemonės pasiglemžia naujas teritorijas. Dėl to ilgainiui jos nebetinka rūšims egzistuoti. Svarbu ir tai, kad, arealų perkėlimas nėra vien mechaninis veiksmas: naujose teritorijose rūšims gali kilti sunkumų prisitaikant prie naujų besiformuojančių bendrijų rūšių ar ne visai tinkamos joms aplinkos ir buveinių; galiausiai, sunkumų gali kilti ir dėl atsirandančių naujų biotinių ryšių (plėšrūnų, konkurentų, parazitų ar ligų) poveikio. Kalnuose, ypač tropikų juostoje, rūšių gausą (per savo poveikį augalijos produktyvumui) lemia klimatas. Todėl neotropikuose didžiausia rūšių gausa yra Andų drėgnų ir šiltų miškų plotuose, priglaudusiuose daugybę rūšių, kurių arealai dėl ypač siaurų klimatinių zonų ir atskirtų buveinių paplitimo yra ypač maži. Dauguma Afrikos endeminių rūšių taip pat gyvena kalnuose, jų užimami arealai yra labai siauri, neretai tropikuose rūšys gyvena tam tikrame aukštyje ar viename kalno šlaite, kur tinkamas saulės apšvietimas sukuria palankias sąlygas gyventi.

Tyrimai rodo, kad horizontalusis (platuminis) arealų poslinkis klimatui šylant yra akivaizdžiai didesnis nei vertikalusis, o didesnį pavojų prarasti buveines ir



Horizontalųjį rūšių arealų perkėlimą šylant klimatui daug kur riboja vandenynas, vertikalųjį – kalnų aukštis (Rasos Žalakevičiūtės nuotraukoje – Havajai)

populiacijas turi kalnuose gyvenančios rūšys. Taip yra todėl, kad tropinių kalnų rūšių, kurių dauguma yra sėslios, plitimas yra ribotas, nes sąlygos žemiau jų gyvenamosios ribos yra netinkamos rūšims egzistuoti, tad dėl to rūšys negali keltis į kitus kalnus. Todėl tyrėjai sutaria, kad kalnuose išnyks daugiausia rūšių ir labiausiai sumažės jų gausa. Planetos biologinei įvairovei tai būtų daug didesnė žala nei galimi praradimai aukštesnėse ir vidutinėse platumose. Dabartinę rūšių gausą lemia šiuo metu stebima klimato kaita, sąveikaudama su paskutiniais planetos apledėjimams būdingais reiškiniais, ir ilgalaikis tropikų stabilumas, leidęs išlikti senesnėms pamatinėms paukščių šeimoms (aprūpinančiomis rūšimis kitus planetos regionus), kurių išnykimas tropikų kalnų regionuose (juose yra daugiausia rūšių) labai nuskurdintų Žemės biologinę įvairovę.

Ar žinote, kad…

- Paukščių rūšių gausumo kaitos priklausomybės nuo klimato šiltėjimo tyrime, atliktame JAV Siera Nevados kalnuose, palyginti 1911–1929 ir 2003–2008 metų laikotarpiai ir nustatyta, kad 82–91 % paukščių rūšių, reaguodamos į temperatūros ir kritulių pokyčius, dėsningai keitė savo paplitimo arealus.
- Modeliuojant temperatūros didėjimo poveikį paukščiams iki 2080–2099 metų, gautas vidutinis arealo ploto kalnuose praradimas siekė 54 %. Numatomi neigiami pokyčiai bus didžiausi Afrikos tropikuose ir Šiaurės Amerikoje.

76 Kodėl reikia saugoti biologinę įvairovę, jei klimatas Žemėje nuolatos kito, o rūšys, populiacijos ir bendrijos išliko iki dabar?

Faktas
Labai sparti dabartinė klimato kaita lenkia daugelio biologinės įvairovės rūšių prisitaikymo greitį ir galimybes.

Žmonės neretai klausia, kodėl mūsų laikais biologinės įvairovės apsauga ir išsaugojimas ateities kartoms yra būtini. Juk panašūs klimato pokyčiai planetoje vyko po kiekvieno apledėjimo, o augalai ir gyvūnai vėl sugrįždavo į ankstesnes savo teritorijas. Mūsų laikmečio išskirtinumą lemia du dalykai: dabartinė klimato kaita niekuomet nebuvo tokia staigi ir greita, o praeityje Žemė nebuvo taip keičiama žmogaus. Pastaraisiais dešimtmečiais gamtoje matomas pradedamas ne visai vykęs „eksperimentas", nulemtas žmogaus veiklos, tad kažkada, atrodytų, nepaneigiamą tiesą, bylojamą Mokytojo (Koheleto) knygoje (Senajame Testamente), kad *Kas buvo, tas vėl bus; kas įvyko, tai vėl įvyks. Po saule nieko nėra nauja! Kartais apie kokį nors dalyką sakoma: „Žiūrėk, tai šis tas nauja!" Betgi tas dalykas jau buvo šimtmečiais prieš mus* (Mok 1,9–10), šiuolaikinio žmogaus vartotojiškumas ir godumas gali paneigti: mūsų planetos ekosistemų stabilumas gali būti negrįžtamai išderintas, dėl to ne tik biologinei įvairovei, bet ir žmonijai grėstų pavojus išnykti.
Ankstesnėse epochose Žemėje vykę staigūs klimato pokyčiai buvo pagrindinė rūšių nykimo ir bendrijas paveikusių didelių pokyčių priežastis. Dabartinė klimato kaita, kuri yra daug greitesnė, nei pastebėta ankstesnėse epochose, gali viršyti rūšių prisitaikymo ribas, lemti didesnį ir greitesnį rūšių nykimo procesą bei bendrijų struktūros pokyčius, nei kad buvo ankstesniais tūkstantmečiais.
Be to, visą ikicivilizacinį laikotarpį žmogaus veikla nedarė įtakos Žemei, o natūraliai vykstantys procesai leido gyvybei lengviau prisitaikyti ir išlikti. Ekosistemose vykstant natūraliems procesams gyvoji gamta galėjo lengviau atsikurti, o, suklestėjus civilizacijai, jai įsigalėjus visose planetos vietose ir žmogui vis labiau braunantis į natūralias ir išlikusias pusiau natūralias ekosistemas, dėl masinio buveinių praradimo ir jų fragmentacijos biologinė įvairovė atsidūrė ties masinio išnykimo riba. Suardytos mitybos grandinės ir maisto trūkumas, kaip klimato kaitos pasekmė, yra viena labiausiai tikėtinų rūšių nykimo priežasčių. Rūšių nykimas siejamas ir su dėl klimato atšilimo atsirandančiais naujais ryšiais, procesais ir kaskadiniais efektais. Klimato kaita gali veikti per daugybę

kitų sunkiai nuspėjamų ryšių. Netinkamomis tampančios buveinės gali būti vienintelės, taigi surasti panašių kitur rūšims bei bendrijoms gali ir nepavykti. Keisdamos arealus, rūšys gali susidurti su pavojingais plėšrūnais ar su geriau prisitaikiusiais konkurentais. Didėjanti oro temperatūra gali viršyti rūšių temperatūros tolerancijos ribas.
Dešimtmečiais vykdyta gyvosios gamtos apsaugos mokslinė ir praktinė veikla padėjo mums daugiau suprasti apie rūšių poreikius aplinkai, o joms teikiama pagalba duoda puikių rezultatų. Todėl biologinės įvairovės apsaugos priemonės yra būtinos ir Žemėje vykstant globaliam klimato atšilimui. Žmonija privalo imtis veiksmų ne tik todėl, kad ateities kartos galėtų gėrėtis planetos biologine įvairove, bet ir dėl to, kad mūsų planeta išliktų gyvybinga ir teiktų žmonijai kokybišką aplinką ir ekosistemų įvairovę.

Pagal įvairius klimato atšilimo scenarijus didžiausias paukščių rūšių išnykimas gresia tropikų zonai:

Regionas	Dabartinis paukščių rūšių skaičius	Klimato atšilimo scenarijus	Prognozuojamas paukščių rūšių išnykimas (%)	
			Su plitimu	Be plitimo
Europa	526	> 2 °C	4–6	13–38
Pietų Afrika	951	1,8–2,0 °C	28–32	33–40
Australijos drėgnieji tropikai	740	> 2 °C	49–72	–
Meksika	1060	1,8–2,0 °C	3–4	5–8

Ar žinote, kad…

- Biologinės rūšys planetoje nyksta 100–1000 kartų greičiau nei, kaip matyti iš tiriamų fosilijų radinių, jos nyko praeityje.
- Vien per paskutinius 200 metų mūsų planetoje išnyko 103 rūšys.
- *BirdLife International* duomenimis, iš daugiau kaip 10 tūkst. paukščių rūšių, gyvenančių Žemėje, 13 % (1300 rūšių) gresia pavojus išnykti per ateinančius 100 metų; dar 880 rūšių yra ties išnykimo riba, o daugiau kaip 4000 rūšių populiacijų gausa mažėja.

Prisitaikymas prie klimato kaitos



Kaip prisitaikyti prie klimato kaitos?

Faktas
150 mln. gyventojų šiuo metu gyvena teritorijose, kurios iki šio amžiaus pabaigos bus apsemtos arba dažnai užliejamos per audras.

Per visą istoriją žmonijai nuolatos kildavo grėsmių, atsirandančių dėl ekstremalių ar cikliškų klimato pokyčių. Todėl žmonija yra sukaupusi didelę pavykusių ar nepavykusių bandymų kovoti su klimato keliamais pavojais patirtį. Patyrus nesėkmių, klimato pokyčiai versdavo dideles žmonių grupes migruoti iš vienos vietos į kitą ar net lemdavo tam tikrų bendruomenių išnykimą. Dabartiniai klimato pokyčiai taip pat kelia didelę grėsmę, tačiau mūsų tankiai apgyventame pasaulyje vis mažiau galimybių išvengti tokių grėsmių tiesiog pasitraukiant į šalį. Todėl tenka prie jų prisitaikyti.

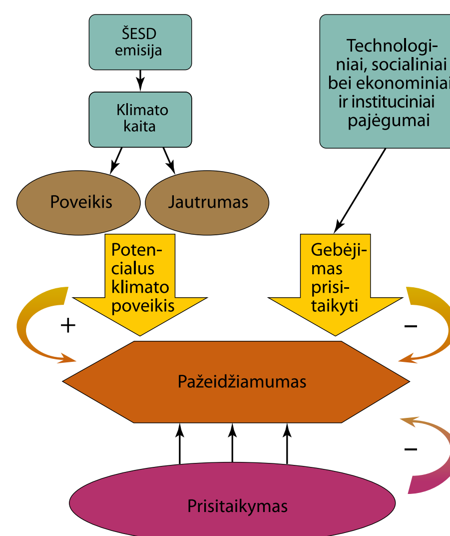
Prisitaikymas (arba adaptacija) prie klimato kaitos yra gebėjimas derintis prie kintančių klimato sąlygų – sušvelninti galimus nuostolius, patirti naudą dėl klimato kaitos teikiamų naujų galimybių arba kovoti su jos pasekmėmis. Gerai suplanuotas išankstinis prisitaikymas gali labai sumažinti patiriamus nuostolius ir išsaugoti žmonių gyvybes.

Skiriamos šios prisitaikymo formos:

- išankstinis prisitaikymas – priemonės, kurių imamasi dar prieš išryškėjant klimato kaitos poveikiui;
- atsakomasis prisitaikymas – priemonės, kurių imamasi klimato kaitos poveikiui jau išryškėjus;
- spontaniškasis prisitaikymas – natūralus nereguliuojamas gamtinių ir antropogeninių sistemų prisitaikymas prie kintančio klimato.

Prisitaikymo priemonės įvairuoja priklausomai nuo sferos, kurioje jos gali būti taikomos. Nereguliuojamose gamtinėse sistemose prisitaikymas būna spontaniškas, atskiros rūšys ir visa ekosistema pačios prisitaiko prie kintančių klimato sąlygų. Antropogeninėse sistemose galimos visos prisitaikymo formos, o jų įgyvendinimas priklauso nuo privačių asmenų, visuomeninių organizacijų arba valdžios institucijų iniciatyvumo ir veiklos.

Antropogeninėse sistemose prisitaikymo būdus lemia socialiniai ir ekonominiai veiksniai, iš kurių svarbiausi yra ekonominiai ištekliai, technologinė plėtra, visuomenės informatyvumas ir įgūdžiai, infrastruktūra, instituciniai ištekliai.



Dėl klimato kaitos gamtinės ir antropogeninės sistemos tampa pažeidžiamos. Prisitaikymo priemonės leidžia sustiprinti sistemas ir sumažinti jų pažeidžiamumą (Klimato politikos informacijos centro duomenimis)

Be jokios abejonės, turtingų, technologiškai išsivysčiusių ir labiau išsilavinusių visuomenių galimybės prisitaikyti daug didesnės. Prisitaikymo priemonės dažnai gana brangios ir, norint lėšas panaudoti efektyviai, reikia gerai pažinti ir aiškiai suvokti galimą grėsmę.

Prie dažniausiai pasaulyje įgyvendinamų prisitaikymo priemonių galima priskirti tokias, kurios yra skirtos efektyviai naudoti vandenį sausringuose kraštuose; skirtos pastatų konstrukcijoms priderinti prie kintančio klimato sąlygų, molų ir krantinių statybas, vykdomas siekiant apsisaugoti nuo stiprėjančių audrų bei kylančio jūros lygio poveikio, gyventojų perspėjimo sistemų kūrimą, sausroms atsparių kultūrinių augalų veislių išvedimą ir auginimą, miškų užsodinimą atspareniais gaisrams ir audroms medžiais, gyvūnų rūšims migruoti skirtų specialių „koridorių“ kūrimą ir daugelį kitų.

Be to, tinkamas prisitaikymas prie klimato pokyčių padeda gauti ir naudos. Pavyzdžiui, didėjant pavasario oro temperatūrai, galima anksčiau pradėti sėjos darbus. Anksčiau pasodinti kultūriniai augalai jau bus visiškai subrendę antroje vasaros pusėje – būtent tada, kada ypač didėja karščių ir sausrų tikimybė. Gali stipriai išaugti ir kai kurių valstybių, pavyzdžiui, Lietuvos, rekreacinis potencialas.

Svarbu atsiminti, kad klimato kaitos poveikis priklauso nuo regiono, todėl prisitaikymo priemonių efektyvumas skirtingose vietose gali būti labai įvairus. Klimato kaitos poveikis atskiroms demografinėms grupėms, pavyzdžiui, vyresnio amžiaus žmonėms, taip pat gali skirtis, ir į tai būtina atsižvelgti. Be to, netinkamai parinktos priemonės gali kelti dar didesnę grėsmę nei pati klimato kaita.

Ar žinote, kad…

- Jungtinių Tautų duomenimis, ekonomiškai silpnų šalių kasmetės išlaidos, skirtos prisitaikyti prie klimato pokyčių, 2050 metais sieks 300–500 mlrd. JAV dolerių.
- 2012 metais patvirtintoje Nacionalinės klimato kaitos valdymo politikos strategijoje daug dėmesio skiriama prisitaikymui prie klimato kaitos Lietuvoje.
- Lietuvoje įdiegta gyventojų perspėjimo ir informavimo sistema naudoja korinio transliavimo technologiją, kuri leidžia perspėti visuomenę apie gresiančią ekstremalią situaciją pasirinktoje viešojo judriojo (mobiliojo) telefono ryšio tinklo teritorijoje, žmonėms pateikiant konkrečių rekomendacijų.

78 Kaip žemdirbiai gali prisitaikyti prie klimato kaitos?

Faktas

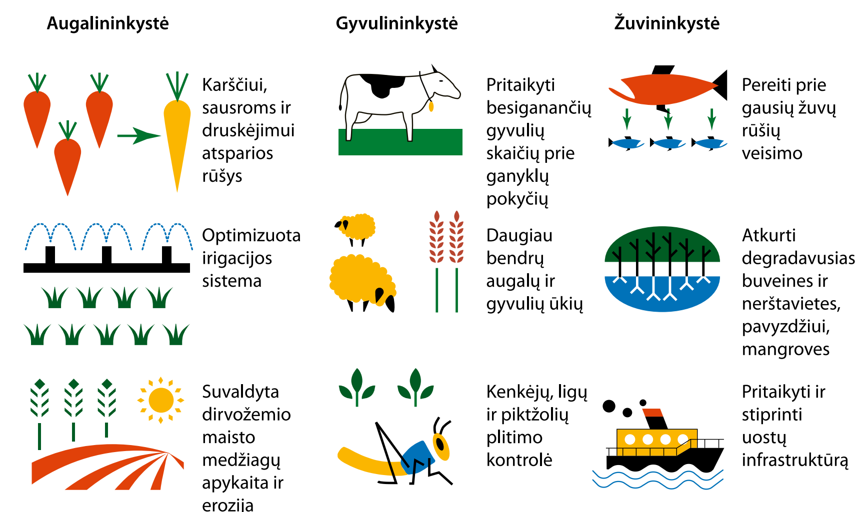
Įvairios prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės jau dabar naudojamos žemės ūkyje, tačiau klimato kaita pareikalaus papildomo laiko ir išteklių, dėl to yra itin svarbus strateginis planavimas.

Žemės ūkis stipriai prisideda prie klimato kaitos ir pats yra jos veikiamas. Pasaulis privalo sumažinti ŠESD emisijas žemės ūkyje ir prisitaikyti prie klimato kaitos keliamų grėsmių maisto gamybos sistemai.

Yra daug prisitaikymo prie klimato kaitos priemonių – nuo technologinių, įgyvendinamų pačiame ūkyje, iki pažangių ūkio valdymo metodų ir politinių priemonių.

Neabejotina, kad viena svarbiausių priemonių turėtų būti didesnė ūkių įvairovė, kuri sumažintų agrarinių sistemų pažeidžiamumą ištikus ekstremalioms sąlygoms ir kartu padidintų ūkių atsparumą. Svarbu ne tik didelė augalų rūšių ir jų bendrijų įvairovė, bet ir tai, kad augalai būtų atsparūs karščiui, sausroms ir drėgmės pertekliui. 2013 metais Europos Komisija paskelbė ES prisitaikymo prie klimato kaitos strategiją. Joje numatomos šios trumpalaikės ir vidutinės trukmės prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės:

- suderinti ūkininkavimo veiklos kalendorių, pavyzdžiui, sodinimo ar sėjos ir priežiūros darbų laiką;
- imtis techninių sprendimų, pavyzdžiui, apsaugoti sodus nuo šalnų žalos arba tobulinti gyvūnams skirtų patalpų vėdinimo sistemas;
- parinkti pasėlius ir rūšis, kurios prisitaikytų prie numatomos augimo sezono trukmės, esamų vandens išteklių, taip pat būtų atsparesnės naujoms temperatūros ir drėgmės sąlygoms;
- pasinaudojant turima genetine įvairove ir naujomis biotechnologijos teikiamomis galimybėmis pritaikyti pasėlius, pavyzdžiui, išvedant karščiui ar drėgmės trūkumui atsparias veisles;
- didinti kenkėjų ir ligų kontrolės efektyvumą, pavyzdžiui, gerinti stebėseną, naudoti įvairią sėjomainą arba kompleksinius kenkėjų valdymo metodus;
- taupyti vandenį, mažinti jo nuostolius, gerinti drėkinimo metodus ir pakartotinai panaudoti arba kaupti vandens atsargas;
- didinti vandens sulaikymą tam, kad būtų išsaugota dirvožemio drėgmė; gerinti kraštovaizdžio valdymą, pavyzdžiui, išsaugant prieglobstį naminiams gyvuliams suteikiančius želdinius;
- auginti karščiui atsparesnių veislių gyvulius ir pasirinkti tinkamus šėrimo metodus;



Galimos prisitaikymo prie klimato kaitos poveikio priemonės žemės ūkio sektoriuje

(Vermeulen ir kt., IPCC duomenimis, 2014)

- daugiau investuoti į drėkinimo infrastruktūros ir vandens naudojimo technologijų efektyvumo gerinimą bei vandens išteklių valdymą;
- kurti drėkinimo planus, kurie būtų paremti išsamiu jų poveikio įvertinimu, t. y. būtų atsižvelgiama į būsimus vandens išteklius, įvairių vartotojų vandens poreikį ir paklausos bei pasiūlos derinimą;
- pavojaus valdymo instrumentų, pavyzdžiui, draudimo, perspėjimo sistemų, numatymas, būtinas susiduriant su ekonominiais ekstremalių reiškinių padariniais.

Lietuva jau nuo 2007 metų vykdo prisitaikymo prie klimato kaitos projektus („Astra“, „BalticClimate“) finansuojamus ES lėšomis. 2011 metais Europos regioninės politikos institutas parengė prisitaikymo prie klimato kaitos rekomendacijas ūkininkams. Šių projektų ir užsienio kolegų patirtis panaudota rengiant Nacionalinę klimato kaitos valdymo politikos strategiją (2012 metais) ir strategijos įgyvendinimo planą (2013 metais).

Ar žinote, kad…

- Vykdant pasėlių priežiūrą įgyvendinamos prisitaikymo priemonės daugelio grūdinių augalų derlių padidina 15–23 %.
- Globaliajai oro temperatūrai pakilus 3 °C ir daugiau, prisitaikymo galimybių ribos būtų peržengtos, o tai ypač paveiktų žemės ūkį tropikų ir subtropikų juostoje.
- 20 iš 28 Europos Sąjungos šalių (tarp jų ir Lietuva) jau yra patvirtinusios nacionalines prisitaikymo prie klimato kaitos strategijas, kurios žemės ūkyje nustato būtinus įgyvendinti tikslus ir uždavinius.

79 Kokie miškų ūkio prisitaikymo prie klimato kaitos metodai?

Faktas
Dėl klimato kaitos apie 42 % ES miškų plotų kyla vis didesnis gaisrų, sausrų, kenkėjų ir ligų pavojus.

Miško ekosistema yra prisitaikiusi prie vietos klimato sąlygų, reljefo, dirvožemio ir daugelio kitų dalykų. Ta visuma lemia miško rūšinę sudėtį, medyno tankumą, produktyvumą, paklotės tipą. Medžių amžius skaičiuojamas dešimtmečiais ar net šimtmečiais, tačiau susiklosčius nepalankioms klimatinėms ir (arba) orų sąlygoms miško ekosistema gali iš esmės pasikeisti arba net sunykti per kelerius metus. XXI amžiuje klimato kaitos tempai ir mastas, manoma, pranoks natūralią miško prisitaikymo gebą, todėl būtinos papildomos priemonės, kurios stabdytų miško ir jo ekosistemos degradaciją. Baltijos regione atlikti tyrimai parodė, kad miško ekosistemai didžiausią žalą daro eglių kenkėjų (kinivarpų) išplitimas ir šalnų sukelti medžių pumpurų pažeidimai, nes pavasarį prognozuojamas ankstyvesnis medžių pumpurų sprogimas.

Pagrindiniai klimato kaitą apibūdinantys hidrometeorologiniai veiksniai, turintys įtakos miškininkystės sektoriui, yra vidutinė oro temperatūra, krituliai, oro drėgnumas, vidutinis ir maksimalus vėjo greitis, pavojingi meteorologiniai reiškiniai, tokie kaip škvalas, viesulas, perkūnijos, ekstremali oro temperatūra – speigas, šalnos, karštis. Poveikio intensyvumą dažniausiai lemia įvairių veiksnių deriniai skirtingais sezonais.



1 pav. Miško gaisras („Scanpix“ nuotrauka)

Klimato kaita turi įtakos miškų rūšinei sudėčiai, miškų produktyvumui ir veisimui, medžių ligų ir kenkėjų plitimui, gaisringumui, ruošai lauko darbų sąlygomis.

Visos prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės skirstomos į trumpalaikes (miško želdinių planavimas), vidutinės trukmės (miškotvarka), ilgalaikes (miškininkystės strateginės plėtros priemonės).

Trumpalaikės priemonės apimtų miško atsodinimo, želdinių parinkimo ir retinimo bei medienos tvarios ruošos veiklas; vidutinės trukmės – miškotvarkos planavimo ir miško bei jo ekosistemos apsaugos veiklas, ilgalaikės – medelynų kūrimo ir medžių selekcijos bei prisitaikymo priemonių integracijos į rizikos valdymo ir miško plėtros programas. Įgyvendinant prisitaikymo priemones rekomenduojama veisti vėjovartoms atsparesnius medynus, atkuriant mišką vengti vienarūšių medynų, ypač eglynų, kurių paviršinė šaknų sistema silpna, lengvai paveikiama vėjovartų. Be to, vienarūšiuose ir vienaamžiuose medynuose susidaro labai palankios sąlygos kenkėjams plisti.

Vidutinės trukmės ir ilgalaikės prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės būtų miškų biologinės ir genetinės įvairovės didinimas, tvarus miško išteklių valdymas atsižvelgiant į regioninius miškų ypatumus, miškų gaisrų prevencijos gerinimas, regioninės vandens valdymo sistemos pritaikymas miško poreikiams.

Miškai klimato kaitos sąlygomis labai svarbūs – jie sugeria dalį šiltnamio efektą sukeliančio CO_2, todėl reikėtų plėsti miškų plotus ir reguliuoti kirtimus.



2 pav. Kraujuojanti plutpintė (Stereum sanguinolentum) *– spygliuočiams kenkiantis grybas (Andreaso Kunze nuotrauka). Manoma, kad plintant kenkėjams spygliuočių miškų plotai mažės visoje Europoje*

Ar žinote, kad…

- Didžiausią žalą miškams visame pasaulyje padaro žmogaus arba žaibų sukelti gaisrai. Šiaurės pusrutulyje vidutiniškai per valandą išdega 1 ha miško.
- Lietuvoje šylant klimatui, lapuočiams sąlygos gerėja, o spygliuočiams prastėja, jie silpsta, traukiasi į šiaurę. Todėl rekomenduotina pamažu į atkuriamą mišką sodinti labiau pritaikytų rūšių medžius: bukus, maumedžius, platanalapius klevus ir kitus.

80 Ką apie klimatą turėtų žinoti architektai ir statybininkai?

Faktas

Klimato ir orų poveikis pasireiškia visose statybų pramonės grandyse: sudarant sklypo planą, projektuojat statinį, vykdant statybos darbus ir eksploatuojant statinius.

Statiniams keliami du „paprasti“ reikalavimai. Jie turi apsaugoti nuo tiesioginių atmosferos reiškinių poveikio, sukurti palankų žmogui ir daiktų saugojimui dirbtinį klimatą. Kitas reikalavimas – statiniai turi būti patvarūs, atlaikyti staigius orų pokyčius visą numatytą eksploatacijos trukmę. Įvykdyti šiuos reikalavimus padeda XX amžiuje susiformavusi taikomosios meteorologijos mokslo šaka – statybinė klimatologija.

Statyboms poveikį daro įvairūs klimato veiksniai, tačiau statybų sektoriaus specialistams tokio abstraktaus suvokimo jau nebepakanka. Reikia konkrečios, tikslios, skaitmeniniu pavidalu išreikštos informacijos. Dabar yra kelios dešimtys statybų pramonėje naudojamų klimatinių ir meteorologinių vietines, regionines ir platumines orų bei klimato ypatybes apibūdinančių rodiklių. Dalis jų tiesiog nustatomi meteorologijos stotyse, kiti skaičiuojami specialiai, atsižvelgiant į statybų poreikius ir numatomas klimato kaitos tendencijas. Įvairiose statybų grandyse reikalingas vis kitas šių rodiklių kompleksas.

Statinių eksploatavimo trukmė yra ne vienas dešimtmetis, todėl svarbu įvertinti ne tik esamas, bet ir būsimas klimato sąlygas. Klimatui šylant pastaraisiais metais ryškėja keletas statyboms nepalankių veiksnių: didėja oro temperatūros ir kritulių ekstremalumas, dažnėja temperatūros svyravimai (apie 0 °C), didėja vėjo apkrova, atmosferinė statybinių medžiagų korozija. Tačiau kylanti šaltojo sezono temperatūra Lietuvoje statybos sektoriui gali turėti teigiamą poveikį, nes pailgėtų žemos temperatūros ribojamų darbų vykdymo laikotarpis.

Ateityje dėl klimato kaitos galimas pavojingų meteorologinių reiškinių, tokių kaip perkūnija, lijundra, kruša, viesulas, potvyniai ir kiti, skaičiaus ir intensyvumo didėjimas. Jų prognozavimas ir įvertinimas yra svarbiausias uždavinys, kurį sprendžia projektuotojai ir meteorologai, siekdami įvertinti ateities klimato sąlygas ir jų keliamas grėsmes. Vėjo apkrovą patiria ne tik aukšti pastatai, bokštai ar elektros perdavimo oro linijos, bet ir tiltai.

Projektuojant miesto kvartalus ir gatvių tinklą reikėtų atsižvelgti į vyraujančių vėjų kryptį – pagal ją būtų galima reguliuoti natūralią miesto ventiliaciją ir sumažinti nepalankų teršalų, karščio ir drėgmės poveikį žmonių sveikatai.



2015 metais 23 šalys ir 64 nevyriausybinės organizacijos sukūrė beprecedentį Pasaulinį pastatų ir statybos aljansą (http://www.globalabc.org/). Jo tikslas – sumažinti ŠESD išmetimą statybų sektoriuje ir skatinti projektuoti didesnį atsparumą klimato kaitai turinčius miestus ir jų infrastruktūrą (Global Alliance for Buildings and Construction nuotrauka)

Ypatingo projektuotojų dėmesio reikalauja patalpų vėdinimo, šildymo ir kondicionavimo sistemos. Projektuotojai turėtų skirti deramą dėmesį klimato informacijai apie karštų ir šaltų dienų tikimybę konkrečiose vietovėse, tokiomis dienomis būdingą oro drėgnį ir vėjo greitį, šildymo ir vėsinimo (kondicionavimo) sezonų trukmę.

Taikantis prie klimato kaitos būtina nuolat atnaujinti statybų normatyvinius dokumentus, statiniams naudoti aplinkos poveikiui atsparesnes konstrukcijas ir medžiagas.

Ar žinote, kad…

- Apie 45 % statybose atliekamų darbų priklauso nuo orų poveikio, todėl ypač svarbios yra specializuotos orų prognozės, padedančios sumažinti nuostolius, išvengti prastovų, nelaimingų atsitikimų, statybinių medžiagų sugadinimo ir kitų dalykų.
- Pastatų ir statybos sektorius yra atsakingas už 30 % pasaulyje išmetamų CO_2 dujų, todėl taikant moderniausias technologijas iki 2050 metų būtų galima šio sektoriaus išmetamą CO_2 kiekį sumažinti net 3,2 Gt.

81 Kaip tvarkytis su klimato kaitos iššūkiais energetikai?

Faktas

Klimato kaita kelia grėsmę visam energetikos sektoriui, bet pirmiausia ji veikia atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą, todėl būtina tinkamai prisitaikyti prie galimų pokyčių.

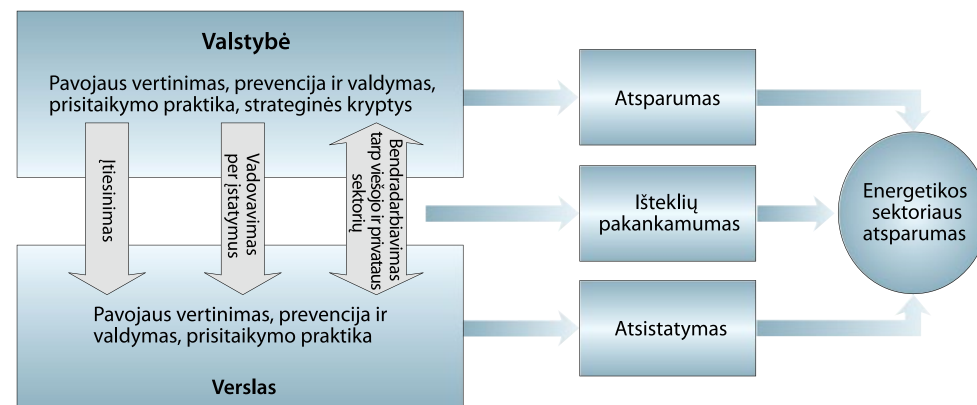
Vykstant klimato kaitai, energetikos sektoriaus svarba yra dvejopa. Viena vertus, energijos išteklių gavyba, transformavimas ir naudojimas skatina klimato kaitą (dėl ŠESD emisijų, šiluminės taršos), kita vertus, energetikos įmonės, jų infrastruktūra, ypač atsinaujinantieji energijos ištekliai, patiria klimato kaitos poveikį. Klimato kaita skirtingai paveikia visas energetikos grandis – išteklių tiekimą, transformavimą bei galutinės energijos suvartojimą ir keičia arba sustiprina dėl kitų aplinkybių (ekonominių, politinių) besiformuojančias šio sektoriaus raidos tendencijas. Energetikos sektorius patirs daugelį klimato kaitos keliamų grėsmių:

- Ekstremalūs orai, pavyzdžiui, audros, gaisrai, nuošliaužos, potvyniai lems energijos gamybos ir tiekimo sutrikimus – tai nuo energetikos priklausančius sektorius padarys pažeidžiamesnius.
- Padidėjęs vandens poreikis ir menkesnės galimybės jį panaudoti apribos hidroenergijos, bioenergijos (daugiausia biodegalų gamybos) ir saulės energijos sistemų bei šiluminių ir atominių jėgainių, kurias reikia aušinti, veikimo galimybes.
- Aukštesnės vasaros temperatūros lems didesnį vėsinimui reikalingų atsargų poreikį, galintį sukelti elektros srovės nuotrūkius. Kylantis jūros lygis paveiks krante ir jūroje esančią infrastruktūrą. Ypač didelį pavojų kels audros ir krantų erozija.
- Šiaurėje esančią infrastruktūrą (vamzdynus) paveiks įšalo atitirpimas.

Remiantis IPCC pateiktomis prognozėmis, klimato kaitos ir ekstremalių orų poveikis atskiriems pasaulio regionams bus nevienodas. Dėl sumažėjusio kritulių kiekio, kylančio jūros vandens lygio ir dažnesnių gamtinių katastrofų ekonomiškai silpnų šalių energetikos sektorius bus vienas jautriausių klimato kaitos poveikiui.

ES prisitaikymo prie klimato kaitos strategijoje numatoma:

- įrengti (renovuoti) elektros perdavimo ir skirstymo tinklus, atsižvelgiant į jų atsparumą klimato kaitai bei įvertinant pakitusį paklausos pasiskirstymą ir naudojimo pikus;



Valstybės ir verslo veikla siekiant užtikrinti energetikos sektoriaus atsparumą keičiantis klimatui (Tarptautinės energetikos agentūros duomenimis, 2015)

- pritaikyti elektros perdavimo ir skirstymo tinklus didėjančiai atsinaujinančių energijos išteklių infrastruktūros daliai;
- užtikrinti pakankamą dujų tiekimą;
- apsaugoti naftos gamybos įmones ir jų infrastruktūrą nuo kylančio jūros vandens lygio ar per audras įvykstančių užtvindymų;
- užtikrinti pakankamus tiekiamo vandens kiekius, kurių reikia šiluminei energijai gaminti;
- įvertinti klimato sąlygų kaitos poveikį iš atsinaujinančių energijos išteklių gaminamai energijai;
- užtikrinti elektros energijos gamybą ekstremalių meteorologinių reiškinių sąlygomis;
- užtikrinti alternatyvius elektros energijos šaltinius regioniniu ir vietiniu lygmeniu;
- patenkinti didėjantį energijos poreikį aušinimo arba vėsinimo reikmėms;
- sausaisiais laikotarpiais patenkinti didėjantį energijos poreikį irigacijos reikmėms.

Ar žinote, kad…

- 2012 metais AEI dalis Europoje nuo 4,3 % (1990 metais) padidėjo iki 11 %, o iki 2020 metų planuojama pasiekti 20 % ribą.
- Globaliu mastu dėl pasaulinės energetikos sektoriaus plėtros vandens sąnaudos energijos gamybos reikmėms iki 2035 metų padidės 20 %.
- JAV svarbiausia sutrinkančio energijos tiekimo priežastis yra orų sąlygų poveikis, kuris kasmet ekonomikai atsieina 25–70 milijardų dolerių.
- 2015 metais Lietuvoje AEI dalis, palyginti su šalies bendruoju galutiniu energijos suvartojimu, sudarė 25,9 % (viršytas Lietuvos tikslas iki 2020 metų pasiekti 23 %).

82 Kodėl Klaipėdai ypač svarbu prisitaikyti prie klimato kaitos?

Faktas

Pakrantėse esantys miestai yra labiausiai veikiami klimato kaitos. Pakilęs jūros vandens lygis lems ne tik kranto linijos atsitraukimą į sausumą, bet ir sukels daug ekologinių ir socialinių problemų.

Kaip ir daugeliui pakrantės miestų, Klaipėdai labai didelį pavojų kelia potvyniai. Uostamiestyje ši grėsmė susijusi su kylančiu vandens lygiu (dėl vėjo sukeltos patvankos) Baltijos jūroje ir Klaipėdos sąsiauryje. Taip pat potvynio priežastimi gali tapti gausūs ir labai intensyvūs krituliai, padidėjęs upių nuotėkis ir jo nulemtas vandens lygio kilimas. Besikeičiantis klimatas stipriai paveiks žmonių gyvenamąją aplinką, turės daug įtakos pramonės įmonių veiklai. Prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės dažnai yra gana brangios, o norint lėšas naudoti efektyviai reikia gerai išmanyti vykstančius procesus ir suvokti su jais susijusias galimas grėsmes.

Lentelė. Didžiausios grėsmės, dėl klimato kaitos kylančios Klaipėdos miesto infrastruktūrai (pagal *Klimato kaita: prisitaikymas prie jos poveikio Lietuvos pajūryje*, 2007)

Sektoriai	Klimato kaitos keliami pavojai
Pastatai ir komunikacijos	■ Dėl kylančio vandens lygio ir ekstremalių orų sąlygų galimi kanalizacijos sistemos sutrikimai, kurie didins rūsių ir pastatų pirmųjų aukštų užtvindymo pavojų. ■ Dažnas oro temperatūros svyravimas – apie 0 °C žiemą ir karščio bangos vasarą – labiau pažeis kelių dangą ir geležinkelius.
Transportas	■ Didėjantis audringumas trikdys navigaciją uoste, didės nuostoliai dėl prastovų. ■ Audros, poplūdžiai ir sausros apsunkins navigaciją ir infrastruktūrą Danėje. ■ Kelių transportą paveiks trumpalaikiai, tačiau intensyvūs meteorologiniai reiškiniai (rūkas, liūtis, pūga, perkūnija). ■ Staigi orų sąlygų ir temperatūros kaita didins transporto priemonių koroziją.
Energetika	■ Šiltuoju metų laikotarpiu didės energijos poreikis šaldymui ir vėdinimui. ■ Didėjantis klimato ekstremalumas (stiprus vėjas, škvalas, pūga, lijundra, sniego apdraba, kruša) kels pavojų antžeminėms elektros perdavimo linijoms. ■ Padažnėsianti žiemos oro temperatūros kaita skatins staigius energijos poreikio šuolius, kurie lems dažnesnius techninius energijos tiekimo sistemos sutrikimus. ■ Dėl didelių vėjo greičio nuokrypių kils sunkumų išnaudojant vėjo jėgainių našumą.
Pramonė	■ Padidės ŠESD apmokestinimas ir griežtės taršos reikalavimai. ■ Didėjantis klimato ekstremalumas gali lemti didesnius pramonės įmonių trikdžius (paveikti įrenginius, infrastruktūrą ir darbuotojų mobilumą). ■ Dažnas oro temperatūros svyravimas, kai jis siekia apie 0 °C, gali sustiprinti medžiagų dūlėjimą dėl šalčio, pastatus ir konstrukcijas dengiančių medžiagų koroziją.



Danės žemupio (Klaipėdos mieste) teritorija, žemesnė už XXI amžiuje, esant maksimaliai banginei ir vėjinei patvankai, numatomą Klaipėdos sąsiaurio vandens lygį

(pagal Klimato kaita: prisitaikymas prie jos poveikio Lietuvos pajūryje, *2007)*

Atlikti skaičiavimai parodė, kad Klaipėdoje per XXI amžių oro temperatūra, intensyvių kritulių kiekis, ekstremalių reiškinių pasikartojimas didės, kartu kils ir jūros vandens lygis. Todėl būtina prisitaikyti prie pakitusių aplinkos sąlygų ir parinkti tinkamiausias prisitaikymo priemones ir būdus.

Prognozuojama, kad ateityje ekstremalus vėjo greitis didės, todėl didės ir maksimalus vandens lygis, sukeliantis vėjines ir bangines patvankas. Jei XXI amžiuje susidarytų tokia patvanka, kaip 1967 metais (vanduo pakilo 186 cm), vidutinis vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje gali siekti 236 cm (apie 2050 metus) ar net 286 cm (XXI amžiaus pabaigoje). Būtų apsemta didžioji Danės upės slėnio dalis.

Klaipėdos miesto administracija kartu su mokslininkais, suinteresuotų grupių ir nevyriausybinių organizacijų atstovais nuolat rengia ir supažindina visuomenę su galimomis klimato kaitos pasekmėmis ir mieste įgyvendinamomis prisitaikymo priemonėmis.

Ar žinote, kad…

- Daugelyje Europos miestų dažniausia potvynių priežastis yra užtvindytos senos nuotėkų šalinimo ir kanalizacijos sistemos.
- Nuo XIX amžiaus pabaigos vidutinis vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje pakilo apie 14,7 centimetro. Nuo 1961 metų vandens lygis vidutiniškai pakyla apie 3 mm per metus.
- Klaipėdos savivaldybė pirmoji Lietuvoje (2005 metais) pradėjo dalyvauti prisitaikymo prie klimato kaitos projektuose.

83 Ar klimato kaita gali būti naudinga Lietuvai?

Faktas
Lietuva turės apčiuopiamos naudos, ypač žemės ūkio, turizmo ir energetikos srityse, jeigu ateityje tinkamai išnaudos klimato sąlygas ir prisitaikys prie būsimų aplinkos pokyčių.

Neabejotina, kad klimato kaita pasauliui sukels daugiau iššūkių ir pavojų nei teigiamų dalykų. Tačiau tinkamai išnaudojant turimą potencialą ir prisitaikant prie kintančios aplinkos sąlygų galima įžvelgti ir teigiamų dalykų. Didžiausia globalaus atšilimo nauda vidutinėse (šiaurinėse) platumose, taip pat Lietuvoje, sietina su mažesniu sergamumu ir mirtingumu žiemą, mažesnėmis energijos išlaidomis šildymui, gausesniu žemės ūkio augalų derliumi, aukštesne oro temperatūra ir geresnėmis rekreacinėmis sąlygomis vasarą. Tinkamai išnaudojus klimato sąlygas, ateityje galima tikėtis spartesnio bendrojo vidaus produkto augimo, bet tik tokiu atveju, kai bus įgyvendintos priemonės mažinti ekstremalių hidrometeorologinių reiškinių daromą žalą.
Daugiausia naudos iš besikeičiančių klimato sąlygų Lietuva turėtų patirti žemės ūkyje. Tačiau, norint pasiekti teigiamą efektą, reikia tinkamai pasiruošti galimoms klimato kaitos nulemtoms situacijoms. Pirmiausia reikia įvairinti ūkius. Mišriuose ūkiuose reikia plėsti žolynų plotus, gerinančius pasėlių struktūrą, ir svarbu žinoti, kad organinėmis trąšomis tręšiamuose laukuose yra daugiau maisto medžiagų, jiems būdingos geresnės fizinės savybės, geresnis drėgmės režimas. Todėl galima tikėtis, kad mišriuose ūkiuose ekstremalių sąlygų daroma žala bus mažesnė. Taip pat bus palankios sąlygos plėsti ilgai rudenį augančių augalų pasėlių plotus. Kukurūzai ir cukriniai runkeliai į šylantį klimatą reaguos teigiamai, todėl jų plotus vertėtų nuosekliai plėsti, tačiau būtina realiai įvertinti vykstančių pokyčių greitį ir šių augalų produkcijos realizavimo galimybes. Be to, būtų galima didinti ekologinių ūkių skaičių, nes tokie ūkiai sunaudoja mažiau neatsinaujinančių energijos išteklių, padeda mažinti chemizacijos mastą.
Siekiant, kad klimato kaita duotų apčiuopiamos naudos, nepakanka laukti – būtina aktyviai veikti. Teigiamas klimato kaitos poveikis gali būti neišnaudotas, jeigu prisitaikant prie aplinkos pokyčių ir juos švelninant laiku nebus imtasi priemonių ir investicijų.
Pasaulyje, ypač ES, prisitaikant prie klimato kaitos ir mažinant išmetamų ŠESD kiekį gaunama didelė ekonominė ir finansinė nauda. Lietuva yra prisijungusi prie Paryžiaus susitarimo, kuris įpareigoja visas valstybes siekti ambicingų

Lentelė. Galimas teigiamas klimato kaitos poveikis Lietuvos ūkinėms ir gamtinėms sistemoms

Sistemos (ūkio sektoriai)	Poveikis
Žemės ūkis (augalininkystė)	Padidėjęs derlingumas; ilgesnis žemės ūkio kultūrinių augalų vegetacijos laikas; greitesnis vaisių subrandinimas; naujų šiltamėgių augalų perkėlimas; dviejų derlių per metus galimybė; spartesnis pievų ir ganyklų atsinaujinimas.
Žemės ūkis (gyvulininkystė)	Mažesnės pastatų šildymo, gyvulių šėrimo ir mėšlo tvarkymo išlaidos; mažesnis gyvulių sergamumas ir mirtingumas; ilgesnis ganiavos laikas ir galimybė ilgiau šerti gyvulius žaliuoju pašaru.
Transportas	Mažesni kelių priežiūros kaštai žiemą; mažesnis orų poveikis transporto ir kelių infrastruktūros nusidėvėjimui; mažesnės kuro sąnaudos transporto priemonėms šildyti.
Energetika	Mažesnis kuro poreikis žiemą; prioritetinės sąlygos plėtoti vėjo ir saulės energetiką; didesnis elektros energijos generavimo efektyvumas Saulės jėgainėse.
Namų ūkis	Mažesnės išlaidos šildymui žiemą, bet gali išaugti išlaidos oro kondicionavimui vasarą; palankesnės sąlygos praleisti laisvalaikį gryname ore.
Turizmas	Ilgesnis vasaros turizmo sezonas; palankesnės turizmo sąlygos ne vasaros sezonu (miestų turizmas).
Sveikatos apsauga	Sumažėjęs sergamumas ir mirtingumas šaltuoju metų laiku; mažesnis nušalimų pavojus; palankesnės sąlygos praleisti laisvalaikį gryname ore.
Vandens sistemos	Mažesnis pavasario potvynių pavojus; geresnė vandens kokybė dėl mažesnės taršos azotu ir fosforu.
Gamtinės sistemos	Didesnis pirminės augalų biomasės kiekis; geresnės sąlygos gyvūnams peržiemoti.

tikslų kovojant su klimato kaita. Paryžiaus susitarimas Lietuvai yra naudingas, nes didina energetinį saugumą ir mažina priklausomybę nuo iškastinio kuro importo, skatina verslą ir pramonę investuoti į atsinaujinančius energijos išteklius, didinti energijos efektyvumą ir plėtoti inovatyvias žaliąsias technologijas, skatina tausoti vartojamus išteklius, taupyti energiją buityje, pasirinkti draugiškesnes aplinkai transporto priemones, rūšiuoti atliekas, plačiau naudoti atsinaujinančius energijos išteklius.

Ar žinote, kad…
- Remiantis fenologinių stebėjimų duomenimis, aktyvios augalų vegetacijos sezono trukmė per 1961–2010 metus pailgėjo 15 dienų (nuo 164 iki 179 dienų).
- Jei oro temperatūra mūsų platumose padidės 1–2 °C, žemės ūkio gamybai tai turės teigiamą poveikį, o jei kils 3 ir daugiau °C – neigiamą.

Asmeninė ir nacionalinė atsakomybė klimato kaitos politikoje

84 Ar dar ne per vėlu stabdyti klimato kaitą?

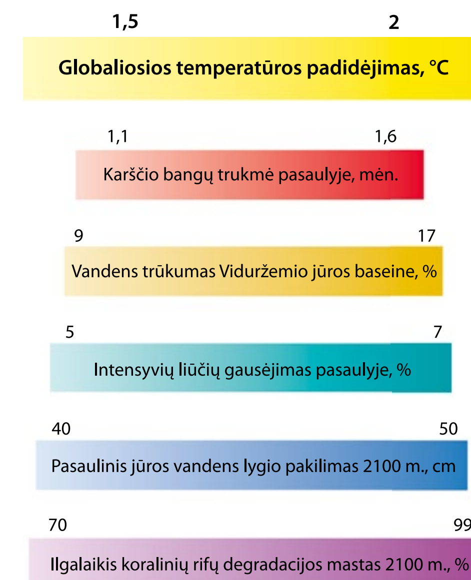
Faktas

Dauguma klimato kaitos specialistų sutaria, jog šiuo metu daroma per mažai, kad globaliosios temperatūros didėjimas stabilizuotųsi ties 2 °C riba, palyginti su ikiindustriniu laikotarpiu.

Klimato kaita – visuotinė problema, nes visos šalys daugiau ar mažiau prisideda prie ŠESD emisijos ir visos patiria jos pasekmes. Nė viena šalis neišspręs šios problemos viena. Pirmasis žingsnis plėtojant tarptautinę klimato kaitos politiką yra 1992 metais Niujorke priimta Jungtinių Tautų Bendroji klimato kaitos konvencija. Vėliau buvo priimti šios konvencijos Kioto (1997 metais) ir Paryžiaus (2015 metais) protokolai (žr. 92 ir 93 klausimus).

Šiuo metu internete galima rasti nemažai interaktyvių sudeginto iškastinio kuro, ŠESD emisijų, CO_2 koncentracijos kiekio skaičiuoklių, pavyzdžiui, www.bloomberg.com/graphics/carbon-clock/ ir net balsuoti, ar nėra vėlu stabdyti klimato kaitą (žr. www.debate.org/opinions/is-it-too-late-to-do-anything-about-global-climate-change). Teoriškai stabdyti klimato kaitą gana paprasta – reikia sumažinti į atmosferą išmetamų ŠESD kiekį. Kai kurios ŠESD išlieka atmosferoje dešimtmečius ar dar ilgiau. Net jei pradėtume ryžtingai veikti jau dabar, temperatūra kurį laiką toliau kiltų. Tačiau jei nedarysime nieko, temperatūra kils dar labiau, ir tam tikru laiku klimato kaita gali tapti nevaldoma. Norint sumažinti ŠESD kiekį atmosferoje, reikės investuoti į naujus energijos gamybos ir naudojimo būdus ir juos taikyti.

Pagrindinis Paryžiaus susitarimo tikslas yra pasiekti, kad dėl žmonių kaltės vidutinė planetos temperatūra nepadidėtų daugiau nei 1,5 °C, o iki 2100 metų jokiais būdais neviršytų 2,0 °C. Šis vidutinis planetos temperatūros pokytis skaičiuojamas nuo ikiindustrinio laikotarpio (XVIII amžiaus vidurio), ir svarbu pažymėti, kad vidutinė Žemės temperatūra dėl atmosferos taršos jau yra pakilusi apie 1 °C. 2016 metai buvo patys šilčiausi per visą instrumentinių oro temperatūros matavimų istoriją. Norint sustabdyti klimato šiltėjimą ties 1,5 °C riba, reikia nustoti teršti atmosferą jau dabar.



Numatomi aplinkos pokyčiai vidutinei planetos temperatūrai padidėjus 1,5 ir 2,0 °C
(Schleussner ir kt., 2016)

Nemažai klimato kaitos specialistų pritaria, kad egzistuoja vadinamasis negrįžtamas taškas – jeigu vidutinė CO_2 koncentracija atmosferoje išaugs iki 450 ppm, planetoje gali kilti iki šiol neregėti klimato pokyčiai ir stipriai padidėti gamtinių katastrofų pavojingumas. IPCC duomenimis, visoje planetoje galima sudeginti 800 Gt anglies, iš kurių jau sudeginta 530 gigatonų.

Remiantis IPCC AR5 ataskaita, norint XXI amžiuje išlaikyti planetos vidutinės oro temperatūros prieaugį ne didesnį nei 2,0 °C, žmonija turi mažinti vartojimą. Apskaičiuota, kad vidutiniškai vartojimas turėtų būti mažinamas tik po 0,06 % kasmet, ir tai neturės didelio poveikio visuotinei ekonomikos raidai. Taigi vidutinis vartojimo sumažėjimas 2050 ir 2100 metais siektų 3,4 % ir 4,8 %.

Visa pasaulinė klimato sistema yra itin inertiška. Net jeigu nuo kitų metų ŠESD emisijos imtų mažėti ir 800 Gt riba nebūtų peržengta, vidutinė CO_2 koncentracija atmosferoje stabilizuotųsi ties 450 ppm. Vidutinei pasaulio temperatūrai stabilizuotis prireiktų daugiau laiko, nes ji tiesiogiai reaguoja į CO_2 pokyčius. Vandenynų šilimas, žemyninių ir kalnų ledynų tirpsmas vyktų toliau, o vandenyno lygis nusistovėtų ties 2–3 m aukštesne riba nei dabartinė.

Ar žinote, kad…

- Norint išlaikyti vidutinės globaliosios oro temperatūros pakilimą ne daugiau 2 °C (palyginti su ikiindustriniu lygiu), ŠESD emisijos kas metus turėtų mažėti 6 %.
- Net išlaikant dabartinį į atmosferą išmetamų ŠESD kiekį, maždaug po 50 metų vidutinė globalioji temperatūra pakiltų 2 °C.
- Remiantis NASA apskaičiavimais, „negrįžtamo taško“ ribą (450 ppm CO_2 koncentracija atmosferoje) pasaulis gali pasiekti jau 2042 metais.

85 Kaip švelninant klimato kaitą prisidės Lietuva?

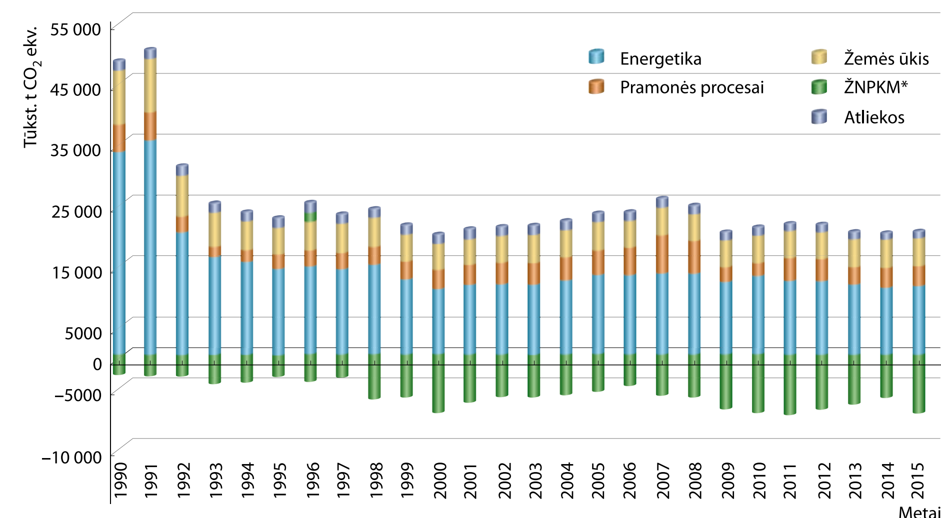
Faktas
Lietuva, būdama ES nare, jungiasi prie bendros kovos su klimato kaita ir jau vykdo visus iškeltus tikslus.

Lietuvoje vykstantys klimato svyravimai yra neatsiejama Žemės procesų dalis. Mūsų šalis neapsaugota nei nuo pasaulinių klimato pokyčių, nei nuo jų padarinių. Todėl Lietuvai aktualūs ES teisės aktuose ir kituose dokumentuose nustatyti klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jos padarinių tikslai. Lietuva, jau prieš tapdama ES nare, aktyviai įsitraukė į pasaulinę klimato kaitos švelninimo politiką. Mūsų šalis yra ratifikavusi svarbiausius tarptautinius su klimato kaita susijusius dokumentus (žr. www.am.lt/VI/index.php#r/707):

- Jungtinių Tautų Bendrąją klimato kaitos konvenciją, kuri pasirašyta 1992 metų gegužės 9 dieną ir LR Seimo ratifikuota 1995 metų vasario 23 dieną.
- Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencijos Kioto protokolą, kuris pasirašytas 1997 metų gruodžio 11 dieną ir LR Seimo ratifikuotas 2002 metų lapkričio 19 dieną. Kioto protokolas Lietuvoje įsigaliojo nuo 2005 metų vasario 16 dienos, o jo Dohos pakeitimas LR Seimo ratifikuotas 2015 metų spalio 15 dieną.
- Paryžiaus klimato kaitos susitarimą, priimtą 2015 metų gruodžio 12 dieną ir LR Seimo ratifikuotą 2016 metų gruodžio 22 dieną.

Užtikrindama klimato kaitos politikos tęstinumą, ES Vadovų Taryba sutarė, kad įgyvendinama klimato ir energetikos politika turi būti integrali, – tai būtina tiek siekiant kovoti su klimato kaita ir jos padariniais, tiek siekiant padidinti energetinį saugumą ir sustiprinti konkurenciją. 2021–2030 metų laikotarpiu ES valstybės narės įsipareigojo sumažinti ŠESD kiekį mažiausiai 40 %, palyginti su 1990 metais. Nors 2015 metais Lietuvoje į atmosferą išmetamas ŠESD kiekis, palyginti su 1990 metais, sumažėjo 58,2%, o, įskaitant žemės naudojimo, paskirties keitimo ir miškininkystės sektorių, sumažėjo 69,9 %, tačiau pagal ES klimato kaitos ir energetikos tikslų iki 2030 m. vykdymo teisės aktus, pakeitus atskaitos metus (vietoj 1990 m. įtvirtinus 2005 m.), Lietuva privalės papildomai įgyvendinti su išmetamųjų ŠESD mažinimu susijusias priemones, ypač žemės ūkio ir transporto sektoriuose, kuriuose 2015 m., palyginti su 2014 m., emisijos išaugo atitinkamai 3% žemės ūkyje ir 5% – transporto sektoriuje.

Lietuvos Respublikos Seimas 2012-11-06 nutarimu Nr. XI-2375 patvirtino Nacionalinę klimato kaitos valdymo politikos strategiją, kurios paskirtis – formuoti ir įgyvendinti Lietuvos klimato kaitos valdymo politiką, nustatyti trumpalaikius (iki 2020 metų), vidutinės trukmės (iki 2030 ir iki 2040 metų) ir ilgalai-



Lietuvoje išmetamo ŠESD kiekio kaitos tendencijos 1990–2015 metais

(Nacionalinė išmetamųjų ŠESD kiekio apskaitos ataskaita, 2017)

kius (iki 2050 metų) tikslus ir uždavinius, kuriuos būtina įgyvendinti švelninant klimato kaitą ir prie jos prisitaikant. Nacionalinę klimato kaitos valdymo politikos strategiją sudaro klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jos dalys. Klimato kaitos švelninimas – tai technologijų, mažinančių išteklių naudojimą ir išmetamą ŠESD kiekį produkcijos vienetui, įdiegimas arba pakeitimas, t. y. švelninant klimato kaitą siekiama mažinti išmetamą ŠESD kiekį. Klimato kaitos švelninimas ypač svarbus energetikos, transporto, pramonės, atliekų tvarkymo, žemės ūkio, miškų ūkio sektoriuose. Lietuvos klimato kaitos švelninimo politikos strateginis tikslas – pasiekti, kad šalies ekonomika augtų daug sparčiau, negu didėtų išmetamų ŠESD kiekis:

- Vidutinės trukmės tikslas – išmetamą ŠESD kiekį, palyginti su 1990 metų lygiu, iki 2030 metų sumažinti 40 %, o iki 2040 metų – 60 %.
- Ilgalaikis tikslas – išmetamą ŠESD kiekį, palyginti su 1990 metų lygiu, iki 2050 metų sumažinti 80 %.
- Prisidėti prie konkurencingos mažą anglies dioksido kiekį išskiriančių technologijų ekonomikos sukūrimo iki 2050 metų.

Ar žinote, kad…

- Lietuva pirmoji iš Baltijos šalių 2012 metais patvirtino Nacionalinę klimato kaitos valdymo politikos strategiją.
- Lietuvos Nacionalinėje klimato kaitos valdymo politikos strategijoje išskirta net 17 sektorių, kuriuose nustatyti klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jos tikslai ir uždaviniai.

86 Kokius projektus Lietuvoje remia Klimato kaitos specialioji programa?

Faktas

Klimato kaitos specialiosios programos naudą kiekvienas Lietuvos gyventojas gali pajusti per vykdomą individualių, daugiabučių ar visuomeninių pastatų atnaujinimą.

Klimato kaitos specialioji programa yra skirta pajamoms, gautoms už perleistus nustatytosios normos vienetus ir parduotus apyvartinius taršos leidimus per Bendrąją ES aukcionų platformą, taip pat surinktoms baudoms, savanoriškoms ir kitoms lėšoms paskirstyti finansuojant energijos efektyvumo didinimo ir atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo projektus, kurie yra pagrindinės priemonės, skirtos įgyvendinti išmetamųjų ŠESD mažinimo tikslus.

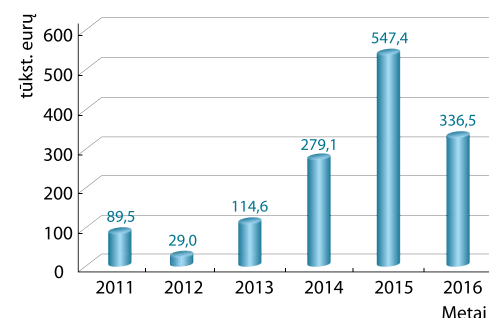
2008–2012 m. Kioto protokolo įsipareigojimų laikotarpiu buvo įgyvendinamas vienas iš išmetamųjų ŠESD mažinimo lankščiųjų mechanizmų, prekyba nustatytosios ŠESD normos vienetais (vienas vienetas lygus vienai tonai CO_2 ekvivalento). Siekiant užtikrinti, kad perleidžiami pertekliniai nustatytosios normos vienetai iš tiesų prisidėtų prie aplinkos „žalinimo“, t. y. ŠESD koncentracijos mažinimo, šalys, turinčios nustatytosios normos vienetų perteklių, sukūrė Žaliąsias investavimo sistemas – teisines ir administracines nuostatas, reglamentuojančias iš nustatytosios normos vienetų sandorių gaunamų lėšų panaudojimą projektams, susijusiems su klimato kaitos poveikio mažinimu. 2009 m. Lietuva sukūrė Žaliąją investavimo sistemą ir perleido perteklinius nustatytosios normos vienetus kitoms šalims, kurioms šių vienetų trūko, o gautas lėšas panaudojo energijos efektyvumo didinimo ir atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo projektams. Taip pat ES ir Europos ekonominės erdvės šalyse (Norvegijoje, Islandijoje) nuo 2005 metų veikia ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema (žr. 98 klausimą).

Klimato kaitos specialiosiomis programos lėšomis finansuojami projektai, kurie susiję su klimato kaitos padarinių švelninimu (išmetamo ŠESD kiekio mažinimu) ir prisitaikymu prie klimato kaitos pokyčių. Lietuvos aplinkos apsaugos investicijų fondas (LAAIF) yra atsakingoji institucija, administruojanti Klimato kaitos specialiosios programos projektus (www.laaif.lt/lt/klimato-kaitos-specialioji-programa/).

Klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo kryptys yra tokios:

- ne mažiau kaip 40 % Programos lėšų turi būti skiriama energijos vartojimo ir efektyvumo didinimo projektams, pavyzdžiui, privatiems ar viešiesiems pastatams modernizuoti;
- ne mažiau kaip 40 % Programos lėšų turi būti skiriama atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo skatinimo ir aplinkai palankių technologijų diegimo projektams, pavyzdžiui, biokuro katilams ar saulės jėgainėms įrengti privačiuose ar viešuosiuose pastatuose;
- vystomojo bendradarbiavimo projektų įgyvendinimas besivystančiose šalyse, perduodant Lietuvos technologijas ir patirtį, pavyzdžiui, biokuro katilų įdiegimas vienoje Moldavijos mokykloje ir darželiuose;
- visuomenės informavimas ir švietimas, mokslo tiriamieji darbai, veiklos vykdytojų ir kitų asmenų konsultavimas ir mokymas;
- likusi Programos lėšų dalis yra skiriama miškams atkurti ir įveisti; informuoti, šviesti ir konsultuoti aktualiausiais klimato kaitos klausimais; prisitaikymo prie klimato kaitos pokyčių ir klimato kaitos padarinių švelninimo priemonėms įgyvendinti; Nacionalinės klimato kaitos valdymo politikos strategijos įgyvendinimo priemonių planui vykdyti; Programos lėšoms administruoti ir ŠESD registro tvarkymui finansuoti; taip pat kitoms klimato kaitos politikos veiksmingo valdymo priemonėms.

Konvencijos šalių susitikime, vykusiame 2009 m. gruodžio mėn. Kopenhagoje (COP15), susitarta besivystančioms šalims teikti didesnę finansinę pagalbą, kad jos galėtų imtis aktyvesnių veiksmų kovojant su klimato kaita. Susitikimo metu iškeltas tikslas iki 2020 metų skirti 100 mlrd. JAV dolerių per metus mažiausiai išsivysčiusių šalių kovai su klimato kaita finansuoti. 2015 metais priimtu Paryžiaus susitarimu ES valstybės narės (tarp jų ir Lietuva) dar kartą įsipareigojo toliau remti finansiškai ir teikti technologinę pagalbą besivystančioms šalims. Nuo 2011 m. Lietuva finansinę paramą besivystančioms šalims savanoriškai teikia per daugiašalius fondus ir programas, kurioms lėšos skiriamos iš Aplinkos ministerijos administruojamos Klimato kaitos specialiosios programos fondo. Nuo 2014 m. parama teikiama besivystančioms šalims (Moldovai, Gruzijai, Malaizijai) dvišaliu pagrindu.



Lietuvos teikiamas tarptautinis klimato kaitos finansavimas 2011–2016 metais (tūkstančiais eurų) (žr. Aplinkos ministerijos tinklalapyje: www.am.lt/VI/index.php#a/12922)

Ar žinote, kad…

- 2011–2016 metais visuomeninės paskirties pastatams atnaujinti skirta daugiau kaip 119 mln. eurų, įvairiuose Lietuvos kampeliuose modernizuota per 100 visuomeninės paskirties pastatų (ligoninių, mokyklų, vaikų darželių ir pan.).
- 2011–2016 metų laikotarpiu Lietuva į Klimato kaitos specialiąją programą gavo virš 192 mln. eurų pajamų, iš kurių 184 mln. eurų paskirstyta energijos efektyvumo didinimo, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo projektams ir mažai taršiems visuomeninio transporto autobusams įsigyti.
- Nuo 2016 metų Malaizijoje jau veikia dvi saulės jėgainės, kurių įrengimą Lietuva finansavo Klimato kaitos specialiosios programos lėšomis.

87 Kokios turėtų būti miestų ir miestelių plėtros gairės?

Faktas

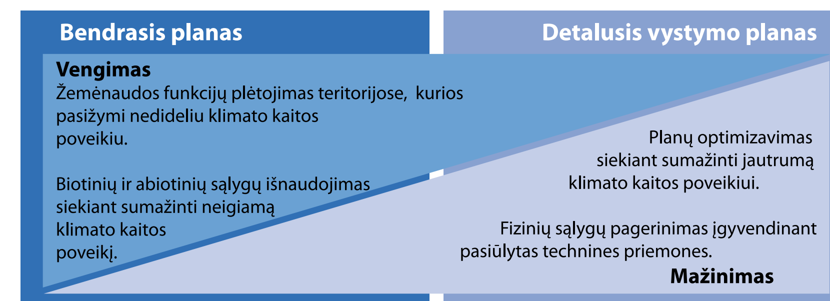
Ateityje miestų plėtra priklausys nuo to, kaip sėkmingai teritorinio planavimo procese bus suderintos klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jos priemonės.

Iki šiol planuojant miestus buvo mažai atsižvelgiama į galimus klimato kaitos padarinius – potvynius, karščio bangas, dažnesnį ir didesnį vandens trūkumą. Į integruotus miesto valdymo planus turėtų būti įtraukiamos aplinkos keliamą riziką ribojančios priemonės. Atsižvelgti į klimato kaitos poveikį būtina ir rengiant bendruosius bei detaliuosius teritorijų planus. Jų įgyvendinimas priklausys nuo miestų finansinių ir savivaldos galimybių. Integralus požiūris į erdvinį planavimą turėtų optimizuoti ekonominės plėtros galimybes ir ekosistemų paslaugas, mat juo remiantis turėtų mažėti dėl nepalankių aplinkos veiksnių žmonių patiriamas poveikis. Pagrindinis iššūkis yra sumodeliuoti tokią būsimų miestų aplinką, kuri būtų itin patraukli visuomenei, atitiktų nuolat kintančius populiacijos poreikius. Modeliuojat miestų aplinką greičiausiai bus įtraukta „žaliosios infrastruktūros" plėtra mieste, t. y. suplanuoti natūralių arba pusiau natūralių plotų deriniai, galintys užtikrinti platų teikiamų paslaugų spektrą. Miestų aplinka turėtų atitikti šiuos principus:

- dubliavimo – esant būtinybei aplinkos komponentai galėtų būti pakeisti;
- įvairovės – daugiafunkciškumas siekiant išvengti specializuotų grėsmių;
- efektyvumo – suvartotos energijos ir pasiekto rezultato teigiamas santykis;
- autonomiškumo – galimybė veikti be išorinės pagalbos;
- stiprybės – gebėjimas atsilaikyti prieš išorinį poveikį;
- tarpusavio priklausomybės – integruoti vienas kitą papildantys komponentai;
- prisitaikymo – gebėjimas mokytis iš patirties ir prisitaikyti prie permainų;
- bendradarbiavimo – plačios visų suinteresuotų pusių galimybės dalyvauti priimant sprendimus.

ES tikslas iki 2050 metų plečiant infrastruktūrą neužimti jokių gamtinių žemių yra sunkiai įgyvendinamas. Europa yra tankiai apgyvendinta ir tikėtina, kad 2020 metais 80 % jos gyventojų gyvens miestuose arba priemiesčiuose. Taip pat miesto gyvenvietės tampa vis mažiau kompaktiškos – teritorija plečiasi greičiau, nei auga jos gyventojų skaičius.

Norint, kad šis tikslas būtų įgyvendintas, siekiama remti ir plėsti iniciatyvas, kurios paskatintų miestus dalytis naujovėmis ir gerąja praktika. Taip pat siekiama, kad dauguma ES miestų taikytų tvaraus miestų planavimo ir projektavimo politiką ir panaudotų tam skirtas lėšas (žr. 80 klausimą). Europos aplinkos agentūros (2015) parengtoje studijoje pateikiama informacija apie urbanizuotose teritorijose ES šalių įgyvendinamas priemones, kurios aktualios ir Lietuvai:



Prisitaikymo prie klimato kaitos pobūdis įvairiuose teritorinio planavimo lygmenyse (pagal Davidse ir kt., 2015)

- žaliosios infrastruktūros ir atvirų erdvių plėtra;
- lietaus nuotekų valdymas, ekologinių koridorių formavimas;
- efektyvesnis energijos vartojimas pastatuose;
- jūrų potvynių ir liūčių sukeliamų poplūdžių grėsmės mažinimas;
- karščio bangų ir miesto šilumos salų keliamos grėsmės mažinimas;
- visuomenės švietimas, teritorijų planavimą numatančių teisės aktų tobulinimas.

„Žalosios infrastruktūros" svarba Klaipėdos miesto teritorijos plėtros perspektyvoms įvertinta „BaltCICA" projekto (žr. www.baltcica.org/) metu. Potvynių priežastimi Klaipėdos mieste gali tapti gausūs ir intensyvūs krituliai. Atsižvelgiant į liūčių (pasireiškiančių dėl klimato kaitos) sukeliamo nuotėkio didėjimo prognozes Smeltalės upės baseine ir siekiant sumažinti potvynių pavojų pietinėje Klaipėdos miesto dalyje, pasiūlyta neplėsti gyvenviečių, planuotų neurbanizuotoje baseino dalyje, ir išsaugoti agrarinį bei natūralų kraštovaizdį (žr. 82 klausimą).

Ar žinote, kad…

- Vien tik pastatams tenka 32 % galutinio energijos suvartojimo ir 19 % viso pasaulyje išmetamo ŠESD kiekio.
- Numatoma, kad nauji statiniai ir infrastruktūra bei teritorinio planavimo politika iki 2050 metų 20–50 % leistų sumažinti ŠESD emisijas.
- JT Aplinkos apsaugos programos (UNEP) vertinimu, 70 % klimato kaitos švelninimo (išmetamo ŠESD kiekio mažinimo) ir 80 % prisitaikymo prie klimato kaitos priemonių įgyvendinama vietos ir regioniniu lygiu, todėl vietos savivaldybių institucijos privalo aktyviai dalyvauti formuojant ir įgyvendinant klimato kaitos politiką.
- Kauno regioninė energetikos agentūra, bendradarbiaudama su Norvegijos vietinės ir regioninės valdžios asociacija ir Lietuvos savivaldybių asociacija, 2017 metais parengė Klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jos gaires svivaldybėms (žr. http://www.krea.lt/index.php?tema=Norvegai&lnid=lt).



88 Kaip klimato kaitą gali pristabdyti kiekvienas žmogus?

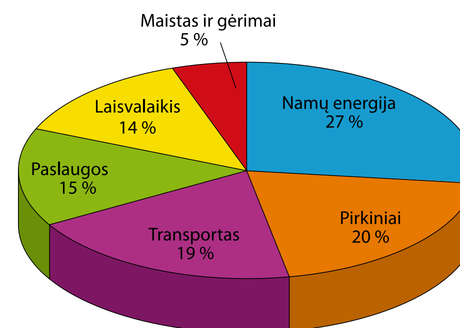
Faktas
Nors klimato kaita – visuotinė problema, bet ji glaudžiai siejasi su kasdieniu mūsų gyvenimu.

Klimato kaita yra visuotinė problema, ir vis dėlto kiekvienas iš mūsų gali gerinti padėtį. Net maži mūsų įpročių pokyčiai gali užkirsti kelią ŠESD emisijoms ir pagerinti visų mūsų gyvenimo kokybę. Tai mums net gali padėti sutaupyti pinigų. Kiekvienas žmogus gali šį tą padaryti, kad prisidėtų prie klimato kaitos mažinimo. Gyventojams rekomenduojama keisti neatsakingus vartojimo įpročius, t. y. mažinti energijos suvartojimą, išjungti nenaudojamus elektros prietaisus, pakuotes naudoti pakartotinai ir jas perdirbti bei sumaniai naudotis transportu, daugiau vaikščioti pėsčiomis. Prisidėti prie klimato kaitos mažinimo galima kiekviename žingsnyje, nesvarbu, kur bebūtume – namuose, kelyje, darbe ar švietimo įstaigoje. Štai keli Europos Komisijos patarimai:

- Rūšiuokite atliekas, skirtas perdirbti. Perdirbant vieną kilogramą panaudotų aliuminio skardinių sunaudojama dešimt kartų mažiau energijos nei gaminant naujas.
- Virindami vandenį karštam gėrimui, naudokite tik tiek vandens, kiek jums reikia.
- Taupykite karštą vandenį, prauskitės po dušu, o ne vonioje – sunaudosite 4 kartus mažiau energijos.
- Neužmirškite išjungti šviesos, kai jos jums nereikia. Namuose sunaudojama 30 % elektros energijos, tad jei visi ją taupysime, poveikis bus didelis.
- Pirkite energiją taupančias elektros lemputes – jos ilgiau veikia ir naudoja penkis kartus mažiau elektros energijos už įprastas lemputes.
- Nepalikite televizoriaus, muzikos grotuvo ar kompiuterio ramybės režimu (kai prietaise lieka degti maža lemputė). Televizorius vidutiniškai 45 % energijos sunaudoja veikdamas ramybės režimu.
- Nepalikite mobiliojo telefono įkroviklio įkišto į elektros lizdą, kai telefono nekraunate. Taip elgdamiesi be reikalo išnaudojate 95 % įkroviklio energijos – tik 5 % jos iš tiesų naudojama telefonui įkrauti.
- Pirkdami naują buitinės technikos prietaisą – šaldytuvą ar skalbyklę – įsitikinkite, kad jis pagal Europos energijos naudojimo efektyvumo sistemą priklauso A klasei.
- Parduotuvėse ir prekybos centruose ieškokite prekių, pažymėtų šiuo Europos ekologiniu ženklu.



- Per daug nešildykite namų. Sumažinus temperatūrą vos vienu laipsniu, jūsų šeimos išlaidos už sunaudotą elektros energiją gali sumažėti 7 %.



Vidutinis namų ūkio anglies pėdsakas ekonomiškai stipriose pasaulio šalyse

(pagal www.energystar.gov, 2017)

- Vėdindami kambarį, plačiai atvertą langą palikite kelias minutes ir vėl jį uždarykite tam, kad oras taptu gaivesnis, tačiau be reikalo neatšaldytumėte kambario.
- Nuosavi automobiliai išskiria 10 % viso išskiriamo CO_2 kiekio. Važiuoti visuomeniniu transportu, dviračiu ar eiti pėsčiomis daug pigiau ir sveikiau.
- Pirkdami naują automobilį, rinkitės mažą ir efektyviai energiją naudojantį modelį.
- Oro transportas – sparčiausiai augantis išskiriamo CO_2 šaltinis pasaulyje. Kelių šimtų kilometrų atstumams įveikti rinkitės traukinius arba autobusus.
- Pasodinkite medį prie mokyklos, kieme ar netoli namų. Penki medžiai per savo gyvenimą sugeria apie vieną toną anglies dioksido.

Internete galima rasti nemažai patarimų, kaip vienas pats galite sumažinti poveikį klimatui (žr. www.greenpeace.org/, www.wikihow.com/) ar kaip apsiskaičiuoti asmeninį anglies pėdsaką (angl. *carbon footprint*), tenkantį mūsų planetai (pvz., www.bef.lt/, www.carbonfootprint.com/, www.carbonindependent.org/). Anglies pėdsakas – tai bendras asmens, organizacijos, renginio, produkto (per tam tikrą laikotarpį) išskirtas ŠESD kiekis, išreikštas CO_2 ekvivalentu. Naudojantis šiomis skaičiuoklėmis galima įvertinti namų ūkio, transporto, maisto, laisvalaikio, gyvenimo būdo paliekamą anglies pėdsaką. Jungtinių Tautų Tarptautinė civilinės aviacijos organizacija siūlo įvertinti asmeninių kelionių lėktuvų indėlį, mat šių kelionių metu paliekamas anglies pėdsakas (www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/).

Ar žinote, kad…

- Jei visi Europos gyventojai nepaliktų elektros įrangos veikti ramybės režimu, per metus sutaupytos elektros energijos pakaktų Belgijos dydžio šaliai aprūpinti.
- Vidutiniškai net 14–25 % asmeninio anglies pėdsako tenka laisvalaikiui ir pramoginei veiklai.
- Vienam Lietuvos gyventojui tenka 6,9 t CO_2 ekvivalento emisijos per metus (pasaulio vidurkis yra 5 t), o siekiant tvaraus vystymosi jis turėtų būti apie 1,5 t CO_2.
- Lietuvoje lengvieji automobiliai lemia apie 90 % transporto sektoriaus išmetamo ŠESD kiekio.

89 Ką reikėtų daryti siekiant sumažinti klimato kaitos poveikį biologinei įvairovei?

Faktas
Pasaulyje surinkta pakankamai informacijos, kad siekiant sumažinti klimato kaitos poveikį biologinei įvairovei būtų galima priimti tinkamus sprendimus.

Tyrimai ir ateities klimato modeliai rodo, kad veikiamos klimato atšilimo dauguma rūšių nyks jau paveiktuose dabartiniuose arealuose. Todėl ypač svarbu išsiaiškinti, kurios rūšys jautriausiai reaguoja į klimato kaitą. Vienas iš rūšies kaitos rodiklių yra populiacijos dydis, kuris rodo dabartinio poveikio ir gresiančių pavojų mastą. Jis galėtų būti panaudotas ir vertinant klimato kaitos poveikį. Kuo mažesnė populiacija, tuo ji pažeidžiamesnė. Tam tikrų įžvalgų gali teikti ir rūšies filogenetiniai ryšiai. Jei rūšys yra artimos, o viena iš jų tikrai yra neigiamai veikiama klimato kaitos, tai šį poveikį dažniausiai patirs ir kita artima rūšis. Neturėdami gilesnių žinių, kaip reikėtų valdyti rūšis, veikiamas klimato kaitos praeityje ir dabartyje, turime stiprinti stebėseną ir ilgalaikius mokslinius tyrimus bei mokytis iš dabar stebimų pavyzdžių. Vykdant rūšių stebėseną daug prisidėti gali mokslo institucijos, nevyriausybinės organizacijos, įvairios piliečių iniciatyvos, mokymo įstaigos ir aktyvios šeimos.

Klimatui šiltėjant labai svarbu stebėti jautresnių rūšių būklę. Siekiant apsaugoti rūšis nuo didėjančio poveikio, svarbios priemonės turėtų būti rūšių apsaugai teikiama pirmenybė ir inovatyvi politika, pagrindinių saugomų teritorijų tinklo apsauga ir jų plotų didinimas, teritorijų, pasižyminčių dideliu aplinkos įvairiapusiškumu, apsauga, naujų saugomų teritorijų kūrimas vietose, kurios bus paveiktos klimato atšilimo ir į kurias trauksis pažeidžiamos rūšys. Taip pat svarbu atkurti pavojuje esančių rūšių buveines, perkelti rūšis į naujas joms tinkamas buveines, keisti platesnius rūšims tinkamus kraštovaizdžius, o rūšių arealams judant ašigalių link – kurti buveinių jungtis. Siekiant išvengti teritorijų fragmentacijos, toks valdymas kaip koridorių ar tramplinų sukūrimas ar teritorijų tarp buveinių fragmentų nepalankumo mažinimas gali pagerinti kraštovaizdžio jungtis, pagreitinančias dėl klimato kaitos poveikio mažėjančių populiacijų atsigavimą. Efektyviausi koridoriai būna tie, kurie yra panašiausi į sujungiamas buveines. Siekiant užtikrinti jautriausių ir labiausiai plintančių rūšių tolesnę plėtrą, apie 50 % kraštovaizdžio turėtų sudaryti tinklu sujungtos tinkamos buveinės. Svarbiausias veiksnys, lemsiantis prisitaikymą, bus sumažintas kitų paukščiams gresiančių pavojų poveikis – tai galima pasiekti taikant



Klimatui šiltėjant pastaraisiais dešimtmečiais Lietuvoje sparčiai plinta pietinė rūšis – didysis baltasis garnys (Egretta alba), *pamėgęs žuvininkystės tvenkinius*
(Vito Stanevičiaus nuotrauka)

tinkamą platesnio kraštovaizdžio valdymą. Kuo klimato kaita bus stipresnė, tuo radikalesnių rūšių apsaugos būdų prireiks. Prie tokių būdų priskirtini veisimas nelaisvėje, rūšių paleidimas iš nelaisvės į natūralias buveines ir pagalbinė kolonizacija, kai rūšys įvežamos į naujas laisvas tinkamo klimato teritorijas. Klimatui drastiškai keičiantis, turės būti panaudotos dar radikalesnės priemonės, kurioms įgyvendinti prireiks nuolatinės stebėsenos ir papildomų tyrimų.

Ar žinote, kad…
- Šylant klimatui Lietuvoje perinčių paukščių rūšių ir jų populiacijų būklę rodo perėjimas tam tikroje tos rūšies arealo vietoje: perėjimas pietvakarinės krypties periferijoje susijęs su tolesniais populiacijos praradimais, o arealo centrinėje dalyje ir šiaurės rytinėje periferijoje – su populiacijos patiriamu teigiamu poveikiu.
- Iš Lietuvoje perinčių 212 paukščių rūšių, jų arealams traukiantis šiaurės rytų kryptimi, 74 (34,9 %) rūšių (kurių dauguma yra griežtai saugomos) atstovai, perintys rūšies arealo vakarinėje, pietvakarinėje ir pietinėje periferijose, gali būti priversti pasitraukti iš mūsų šalies teritorijos. Kitoms 138 rūšims (65,1 %), kurių perinčios poros yra rūšies arealo šiaurinėje, šiaurės rytinėje, rytinėje ir šiaurės vakarinėje periferijose ir arealo centrinėje dalyje, klimato atšilimas gali turėti teigiamos įtakos, tad pavojus joms išnykti negresia.

90 Kaip nevyriausybinės organizacijos vykdo klimato kaitos politiką?

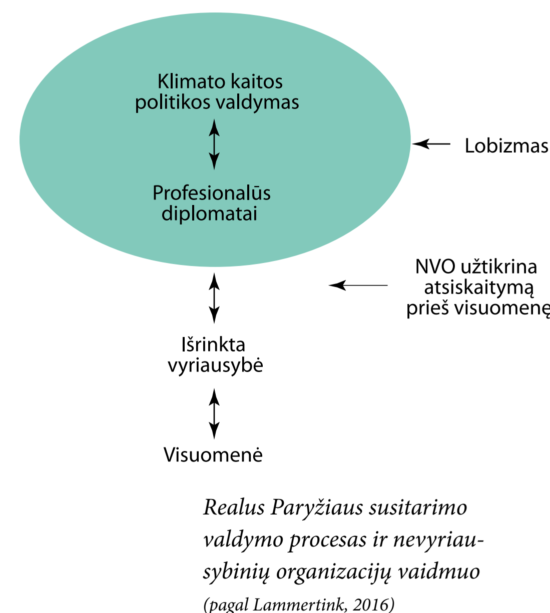
Faktas
Nevyriausybinės aplinkosauginės organizacijos jau kelis dešimtmečius aktyviai dalyvauja klimato kaitos politikoje.

Norint įveikti globalius klimato kaitos iššūkius, vietinių sąlygų pažinimo metodas gali būti pritaikytas praktikoje. Daugiametis nevyriausybinių organizacijų (NVO) įdirbis ir platus visuomenės palaikymas sprendžiant aplinkos apsaugos problemas ypač naudingas. Palaikomi geri santykiai su žmonėmis leidžia operatyviai nacionaliniu ir tarptautiniu mastu informuoti politikus apie padėtį įvairiuose organizaciniuose lygmenyse. Be to, itin svarbus aplinkosauginių NVO ir žiniasklaidos bendradarbiavimas, kuriuo siekiama supažindinti visuomenę su išsamesnėmis klimato kaitos priežastimis ir pasekmėmis. Nuolatinis aplinkosauginių NVO bendradarbiavimas su valdžios atstovais yra labai svarbus aktyviai ginant klimato kaitos politiką pasauliniu lygmeniu, nes:

- klimato kaita vyksta jau dabar ir sukelia orų sąlygų pokyčius (didesnį potvynių, sausrų, audrų pavojų). Šie pokyčiai turi įtakos apsirūpinimui maistu ir vandeniu – tai dar labiau sunkina klimato kaitos pasekmes, ypač ekonomiškai silpnose šalyse;
- valdžia atsakinga už pagalbą reaguojant į galimus pokyčius;
- bendruomenių ir vietinių organizacijų pagalba gali būti labai naudinga – ji gali paskatinti vyriausybę priimti tinkamus sprendimus.

Paryžiaus susitarimas tapo lūžio tašku išryškinant tarptautinių aplinkosauginių NVO svarbą ir bendradarbiaujant petys į petį su oficialia valdžia. Klimato veiksmų tinklo (angl. *Climate Action Network*) koalicijos narių – *Greenpeace* (www.greenpeace.org), *WWF* (www.worldwildlife.org/) ir kitų nuopelnai viešai ginant klimato kaitos politiką buvo viena svarbiausių priežasčių, lėmusių, kad Paryžiaus susitarimas būtų toks, koks jis ir buvo pasirašytas. Siekiant, kad būtų vykdomi visi Paryžiaus susitarimo įsipareigojimai, aplinkosauginės NVO turėtų imtis šių veiksmų:

- Raginti valstybių vadovus visiškai ir kuo greičiau ratifikuoti Paryžiaus susitarimą.
- Siekti ambicingų tikslų, laikytis grafiko ir vykdyti efektyvaus finansavimo lobistinę veiklą.
- Užtikrinti, kad pažeidžiamosios visuomenės grupės nebus papildomai apmokestintos.
- Skatinti suinteresuotas puses aktyviai dalyvauti įgyvendinant Paryžiaus susitarimą.



Realus Paryžiaus susitarimo valdymo procesas ir nevyriausybinių organizacijų vaidmuo *(pagal Lammertink, 2016)*

- Aktyviai dalyvauti pasaulyje įgyvendinant „klimato teisingumą“ (socialinį ir aplinkosauginį).
- Netapti politinių organizacijų marionetėmis ar galingų korporacijų įkaitėmis.
- Užtikrinti, kad techninės priemonės tarnautų paprastiems žmonėms, o ne didintų atskirtį.
- Toliau skatinti galutinai atsisakyti iškastinio kuro vartojimo.
- Į svarbiausius dokumentus įtraukti siekį švelninti klimato kaitą ir prisitaikyti prie jos.
- Nenusižengti pačių išsikeltiems įsipareigojimams ir principams.
- Aktyviai dalyvauti įgyvendinant Paryžiaus susitarime numatytą Globalios klimato kaitos veiksmų darbotvarkę.

Lietuvos aplinkosauginių NVO koalicija nuo 2011 metų birželio 15 dienos vadinasi Aplinkosaugos koalicija (aplinkosauga.lt/); šiuo metu jai priklauso 8 aplinkosauginės NVO. Koalicijai priklausančios organizacijos svariai prisideda rengiant Baltijos jūros regiono, Baltijos valstybių ir Lietuvos prisitaikymo prie klimato kaitos strategijas, telkiant klimato kaitos srityje dirbančias Lietuvos aplinkosaugines NVO ir didinant jų įsitraukimą į klimato kaitos politiką. Lietuvos politikai raginami veikti stabdant klimato kaitą, visuomenei pristatoma klimato kaitos tema ir pagrindiniai įvykiai (per www.facebook.com/klimatokaita), parengtos klimato kaitos politikos gairės.

Ar žinote, kad…

- Klimato veiksmų tinklas yra tarptautinis nevyriausybinių organizacijų susivienijimas, kuriam priklauso daugiau kaip 1100 narių iš 120 pasaulio šalių.
- Priimant Paryžiaus susitarimą, kovoti su klimato kaita įsipareigojo ne tik valstybės, bet ir daugiau kaip 4 tūkstančiai įmonių ir vietos savivaldos atstovų.
- 2014 metais renkant Lietuvos atstovus į Europos Parlamentą, 80 kandidatų pasirašė pasižadėjimą kovoti su klimato kaita.

Tarptautinė klimato kaitos politika

91 Ar žmonija suvokia klimato kaitos keliamas grėsmes?

Faktas

Aukštesnis bendras šalies išsilavinimo lygis (ypač moterų) yra vienas svarbiausių veiksnių, padedančių suvokti klimato kaitos keliamas grėsmes.

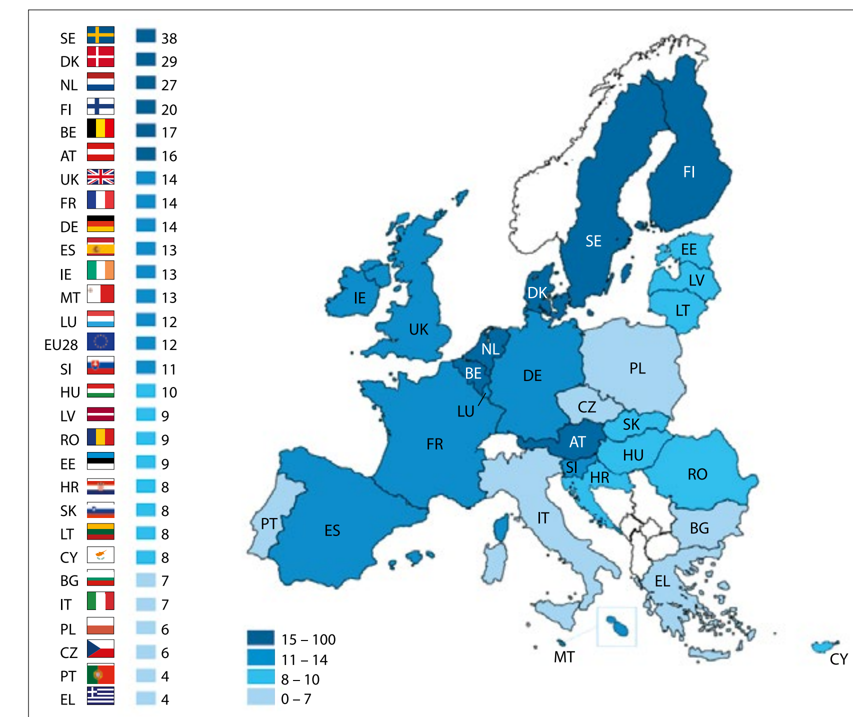
Nepaisant akivaizdžių įrodymų ir literatūros bei informacinių šaltinių, kuriuose teigiama, kad klimato kaita yra reali, skeptikai ir toliau tvirtai neigia šį faktą. Mokslininkai pabrėžia, kad klimato kaita vyksta dėl žmonių veiklos, tačiau žmonija nesiima aktyvių veiksmų CO_2 emisijoms mažinti. Nenoras pripažinti klimato kaitą susijęs su žmonių įpročiais, polinkiu sprendimus priimti remiantis savo asmeniniais įsitikinimais, o ne moksliniais faktais.

Požiūris į klimato kaitos problemą, jos aktualijas gali būti vertinamas naudojantis įvairiais metodais. 2007–2008 metais 119 valstybių atliktoje *Gallup World Poll* apklausoje paaiškėjo, kad 40 % suaugusių pasaulio gyventojų niekada nėra girdėję apie klimato kaitą. Aukštesnis bendras šalies išsilavinimo lygis yra vienas svarbiausių rodiklių, leisiančių užtikrinti klimato kaitos problemos sprendimą pasauliniu lygiu.

Per 2015 metais *Pew Research Center* atliktą 40 pasaulio valstybių gyventojų apklausą, skirtą ištiri valstybių politinį sąmoningumą kovojant su klimato kaita, išsiaiškinta, kad:

- daugiau kaip pusė (54 %) apklaustųjų teigia, kad klimato kaita yra labai rimta problema. Didžiausią susirūpinimą klimato kaitos keliamomis grėsmėmis išreiškė Lotynų Amerikos (74 %) ir Afrikos (61 %) šalių gyventojai;
- šalys, kuriose didelis CO_2 emisijų kiekis, tenkantis vienam gyventojui, yra mažiau susirūpinusios klimato kaita;
- 51 % apklaustųjų mano, kad klimato kaitos poveikis jaučiamas jau dabar, o 28 % teigia, kad jis pasireikš artimiausiu laiku;
- sausra yra daugiausia nerimo kelianti klimato kaitos problema;
- 54 % apklaustųjų teigia, kad ekonomiškai stiprios šalys, kovodamos su klimato kaita, turi daryti daugiau nei ekonomiškai silpnos.

Vienas iš objektyviausių visoje ES taikomų metodų yra *Eurobarometro* tarnybos atliekamos ES šalių narių apklausos. 2017 metais paskelbtais specialios *Eurobarometro* apklausos apie klimato kaitą duomenimis, aštuoni iš dešimties



ES valstybių nuomonė: ar klimato kaita svarbiausia problema visame pasaulyje (%)?
(Eurobarometro *apklausos duomenimis, 2017)*

ES gyventojų pripažįsta, kad kovojant su klimato kaita ir efektyviau vartojant energiją galima paskatinti ekonomikos augimą ir užimtumą. 92 % europiečių klimato kaitą laiko rimta problema. Dauguma apklaustųjų (74 %) mano, kad klimato kaita yra labai rimta problema, 18 %, – kad tai gana rimta problema. Klimato kaitos rimta problema nelaiko tik 6 % apklaustųjų. Skalėje nuo 1 (mažiausia) iki 10 (daugiausia) klimato kaitos problema įvertinta 7,7 balo. 2014 metais toks įvertinimas buvo 7,3, o 2009 metais – 7,1 balo.

Ar žinote, kad…

- JAV tik apie 50 % gyventojų mano, kad klimato kaita tikrai vyksta.
- 72 % klimato kaitą neigiančių knygų (dauguma išleistos pradedant XX amžiaus pabaiga) susijusios su dešiniosioms pažiūroms priskirtinomis idėjomis ir tokių pažiūrų mokslo centrais.
- 2017 metų *Eurobarometro* apklausos duomenimis, 70 % Lietuvos gyventojų klimato kaitą laiko labai rimta problema (ES vidurkis – 74 %).

92 Kas yra Bendroji klimato kaitos konvencija?

Faktas
Jungtinių Tautų Bendroji klimato kaitos konvencija (JTBKKK) – pagrindinis dabar galiojantis tarptautinis susitarimas klimato kaitos srityje.

Klimato kaitos problematiką mokslininkai kartu su politikais tarptautiniu lygmeniu išsamiai pradėjo analizuoti 1979 metais vykusioje pirmojoje pasaulinėje klimato konferencijoje. Antroji klimato kaitos konferencija, vykusi 1990 metais Ženevoje, paragino priimti tarptautinę konvenciją. Jungtinių Tautų Generalinė Asamblėja paskelbė derybas dėl Bendrosios klimato kaitos konvencijos. Delegatai iš daugiau kaip 150 šalių nuo 1991-ųjų vasario iki 1992-ųjų metų gegužės derino konvencijos tekstą. 1992 metų gegužės 9 dieną Jungtinių Tautų būstinėje Niujorke 150-ies valstybių delegatai pasirašė Jungtinių Tautų Bendrąją klimato kaitos konvenciją. Joje pažymima, kad „dėl pasaulinio klimato keitimosi reikia, kad visos šalys kuo plačiau bendradarbiautų ir dalyvautų imantis reikiamų veiksmingų tarptautinio masto priemonių, ir tai darytų pagal bendrą, bet diferencijuotą atsakomybę ir atitinkamas galimybes bei atsižvelgiant į jų socialines ir ekonomines sąlygas“. Konvencijos 2 priede išvardytos ekonomiškai stiprios šalys įsipareigojo padėti silpnos ekonomikos valstybėms. Valstybėms, pereinančioms prie rinkos ekonomikos (joms priskiriama ir Lietuva) ir įrašytoms 1 priede, įsipareigojimams įgyvendinti palikta tam tikro lankstumo galimybė.

Konvencijos tikslas yra pasiekti, kad ŠESD kiekis atmosferoje stabilizuotųsi tokiame lygyje, kuriame pavojingas antropogeninis poveikis nesutrikdo klimato sistemos. Šis lygis turi būti pasiektas per tokį laikotarpį, kuris leistų ekosistemoms natūraliai prisitaikyti prie klimato kaitos. Konvencija siekia, kad kiekvienos šalies pastangos sumažinti ir stabilizuoti ŠESD kiekį būtų adekvačios jos išmetamam dujų kiekiui ir galimybėms jį sumažinti.

Konvencijoje nustatyta keletas principų, kurių turi laikytis ją pasirašiusios šalys:

- bendros, bet diferencijuotos atsakomybės principas: visos šalys turi pripažinti klimato kaitos problemą, tačiau turi skirtingą atsakomybę vykdant klimato kaitos politikos tikslus; turtingiausios šalys turėtų suteikti finansinę paramą ir perduoti pažangias technologijas ekonomiškai silpnoms šalims t. y. – siekti padėti joms prisitaikyti prie neigiamo klimato kaitos poveikio;
- atsargumo principas ragina imtis klimato kaitos prevencijos priemonių net ir tais atvejais, kai nėra neginčytinų mokslinių įrodymų, pagrindžiančių klimato kaitos priežastis;
- klimato kaitos ir plėtros ryšio principas pabrėžia, kad energijos vartojimas, žemėnauda ir demografinis augimas yra svarbiausi tiek plėtros, tiek klimato kaitos elementai. Klimato sistemai išsaugoti skirtas priemones reikia integruoti į nacionalines plėtros programas;
- efektyvumo principas pabrėžia, kad klimato kaitos politika ir priemonės turi būti ekonomiškai pagrįstos, užtikrinančios bendrą naudą mažiausiomis galimomis sąnaudomis;
- bendradarbiavimo principas teigia, kad šalys turėtų bendradarbiauti skatindamos stabilią tarptautinę ekonominę sistemą, palankią plėtrai visose, ypač ekonomiškai silpnesnėse, šalyse;



1992 metų birželio 3–14 dienomis Rio de Žaneire vyko Jungtinių Tautų Aplinkos ir plėtros konferencija, dar žinoma kaip Žemės susitikimas, arba Rio konferencija. Joje dalyvavo 172 valstybių atstovai, iš jų 108 – valstybių arba vyriausybių vadovai. Konferencijoje galutinai parengta ir pateikta pasirašyti JT Bendroji klimato kaitos konvencija

Konvencija nustato ir pagrindinius kovos su klimato kaita principus tarptautiniu lygmeniu, tačiau neapima visų galimų priemonių ir mechanizmų. Todėl 1997 metų gruodžio 11-ąją Japonijos mieste Kiote pasirašytas JT Bendrosios klimato kaitos konvencijos Kioto protokolas. Jame nustatytos konkrečios konvencijos tikslo įgyvendinimo priemonės ir įsipareigojimai nuo 2008 iki 2012 metų sumažinti ŠESD bendrą kiekį bent 5 %, palyginti su 1990-aisiais. Kioto protokolas įsigaliojo 2005 metų vasario 16 dieną. JAV ir Australija yra didžiausios teršėjos, nepalaikančios Kioto protokolo principų.

Pirmasis Kioto protokolo įsipareigojimų laikotarpis baigėsi 2012 metais. Todėl konvencijos šalys susitarė dėl antrojo Kioto protokolo įsipareigojimų laikotarpio – 2013–2020 metų (Kioto protokolo Dohos pakeitimas). Taip pat susitarta parengti naują visuotinį teisiškai privalomą susitarimą, įsigaliosiantį 2020-aisiais. Konvencijos šalių konferencijoje Paryžiuje jis buvo patvirtintas 2015 metų gruodžio 12 dieną (žr. 93 klausimą).

Ar žinote, kad…

- Konvencijos šalių konferencijose Lietuvai atstovauja jos vyriausybinė delegacija.
- Visos Konvencijos šalys iki kiekvienų metų balandžio 15 dienos Konvencijos sekretoriatui turi pateikti ŠESD apskaitos ataskaitą, paaiškinti ŠESD kiekio kitimo priežastis, kas dvejus metus rengti dvimetes ataskaitas apie pažangą vykdant išmetamo ŠESD kiekio mažinimą, o kas ketverius metus – nacionalinius pranešimus apie klimato kaitą.

93 Kokie Paryžiaus klimato kaitos susitarimo tikslai?

Faktas

Paryžiaus klimato kaitos susitarimas yra pirmasis visuotinis teisiškai privalomas susitarimas. Jį vykdyti įsipareigojo 195 pasaulio valstybės.

Paryžiaus klimato kaitos susitarimas – tai dvidešimties metų tarptautinių derybų, per kurias siekta visuotinio klimato kaitos susitarimo, rezultatas. 2020 metais baigia galioti Kioto protokolas (pasirašytas 1997 metais), pagal kurį ekonomiškai stiprios šalys įsipareigojo mažinti savo išmetamus ŠESD kiekius. Atsižvelgiant į ribotą šalių dalyvavimą Kioto protokole (antrajame įsipareigojimų laikotarpyje 2013–2020 metais dalyvauja 37 ekonomiškai stiprios šalys, išmetančios 14 % pasaulinio ŠESD kiekio, kuris turėtų sumažėti 18 %), buvo reikalingas naujas susitarimas, kuris apibrėžtų veiksmus po 2020 metų. Be to, mokslininkų vertinimu, net ir tada, jei vien tik pramoninės šalys visiškai nutrauktų CO_2 emisijas, tikėtina, kad vidutinė globalioji temperatūra vis tiek padidėtų daugiau nei 2 °C. Tad buvo reikalingas naujas susitarimas, pagal kurį įsipareigojimus stabdyti klimato kaitą prisiimtų ne tik stiprios, bet ir ekonomiškai silpnos šalys.

2015 metų lapkričio 30–gruodžio 12 dienomis įvyko Paryžiaus klimato kaitos konferencija. Tai buvo dvidešimt pirmoji Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencijos šalių konferencija (COP 21) ir vienuoliktasis Kioto protokolo šalių susitikimas (CMP 11). Maždaug 150 šalių delegacijos dalyvavo derybose dėl naujo visuotinio ir teisiškai privalomo susitarimo stabdyti klimato kaitą. Galiausiai 2015 metų gruodžio 12 dieną Paryžiuje 195 pasaulio šalys susitarimui pritarė. Jame nustatytas veiksmų planas, kuriuo siekiama, kad globalus atšilimas būtų „gerokai mažesnis“ nei 2 °C. Susitarimas skirtas laikotarpiui po 2020 metų. Pagrindiniai Paryžiaus susitarimo elementai yra:

- ilgalaikis tikslas – vyriausybės susitarė užtikrinti, kad vidutinės temperatūros kilimas pasaulyje būtų gerokai mažesnis nei 2 °C, palyginti su ikiindustrinio laikotarpio temperatūra, ir stengtis, kad vidutinė temperatūra nepadidėtų daugiau kaip 1,5 °C;
- veiksmai – prieš Paryžiaus klimato konferenciją ir jos metu šalys pateikė išsamius nacionalinius kovos su klimato kaita veiksmų planus, kuriais siekiama sumažinti jų išmetamų teršalų kiekį;
- iniciatyva – vyriausybės susitarė kas 5 metus pranešti apie savo veiksmus, kad būtų nustatomi dar didesni tikslai, pakartotinai įvertinamas užsibrėžtų tikslų ambicingumas;



2015 metų gruodžio 12 dieną Paryžiuje 195 pasaulio šalių lyderiai pritarė tarptautiniam susitarimui dėl klimato kaitos

- skaidrumas – kad būtų užtikrintas skaidrumas ir priežiūra, šalys sutiko viena kitoms ir visuomenei pranešti, kaip sekasi įgyvendinti savo tikslus;
- solidarumas – ES ir kitos ekonomiškai stiprios šalys toliau finansiškai rems ekonomiškai silpnas šalis, kad padėtų joms sumažinti išmetamų teršalų kiekį ir padidinti atsparumą klimato kaitos poveikiui.

Tam, kad Paryžiaus susitarimas įsigaliotų, jį turėjo ratifikuoti bent 55 Jungtinių Tautų šalys narės, kurios atsako už 55 % viso pasaulyje išmetamo ŠESD kiekio. 2016 metų balandžio 22 dieną susitarimas buvo pasirašytas Jungtinių Tautų būstinėje Niujorke (JAV). 2016 metų spalio 5 dieną Paryžiaus susitarimą ratifikavo ES, o lapkričio 4 dieną jis oficialiai įsigaliojo. Lietuva Paryžiaus susitarimą ratifikavo 2016 metų gruodžio 22 dieną.

Paryžiaus susitarimas yra laimėjimas ne tik Europoje, kuri įgyvendina kovos su klimato kaita politiką ir siekia išsaugoti pramonės konkurencingumą trečiųjų šalių atžvilgiu. Pasauliui Paryžiaus susitarimas svarbus klimato kaitai sustabdyti, oro kokybei gerinti ir su tuo susijusiai žmonių sveikatai apsaugoti. Susitarimas svarbus ir dėl skurdo mažinimo, apsirūpinimo maistu ir geriamojo vandens ištekliais, taip pat nacionaliniam saugumui dėl kylančių grėsmių siekiant išvengti žmonių migracijos ir kitų pavojingų veiksnių.

Ar žinote, kad…

- 2017 metų lapkričio mėnesio duomenimis, Paryžiaus susitarimą yra ratifikavusios 169 valstybės, kurios kartu atsakingos už beveik 90 % ŠESD emisijų.
- Lietuva yra 119-oji pasaulio ir 19-oji Europos Sąjungos šalis, ratifikavusi Paryžiaus susitarimą 2016 metų gruodį.

94 Ar klimato kaita turi įtakos tarptautiniam saugumui?

Faktas
Jungtinių Tautų Saugumo Taryboje nuolat vyksta debatai dėl klimato kaitos ir jos poveikio tarptautiniam saugumui.

Klimato kaita dabar suprantama daug aiškiau nei prieš 20–30 metų. Ją reikėtų vertinti kaip grėsmę, kuri sustiprina politinę įtampą ir nestabilumą. Klimato kaita gali sukelti papildomų rūpesčių valstybėms ir regionams, kurie jau ir taip pažeidžiami bei konfliktiški. Svarbu suprasti, kad rizika nėra vien humanitarinio pobūdžio. Ji susijusi ir su politinio saugumo rizika, turinčia tiesioginį poveikį Europos interesams. Todėl, siekiant spręsti su saugumo rizika susijusias problemas, būtina derinti poveikio klimatui švelninimo ir prisitaikymo politiką. Dėl klimato kaitos įvairiuose pasaulio regionuose kylantys (arba galintys kilti) konfliktai ir jų priežastys yra tokie:

- *Konfliktai dėl išteklių.* Daugelyje pasaulio šalių mažėja ariamosios žemės plotai, trūksta geriamojo vandens, mažėja maisto ir žuvų ištekliai, dažnėja potvyniai ir kyla ilgai trunkančios sausros. Dėl sumažėjusio žemės ūkio produktyvumo ims trūkti maisto ekonomiškai silpniausiose šalyse, o maisto kainos kils visose šalyse. Kadangi dėl klimato atšilimo atsiveria iki šiol buvę neprieinami regionai, grumtynės dėl išteklių, ypač naftos ir dujų, ateityje intensyvės ir išliks viena iš nestabilumo pasaulyje priežasčių.
- *Žala pakrančių miestams, infrastruktūrai ir ginčai dėl sienų.* Pakrančių teritorijose gyvena apie penktadalis pasaulio gyventojų, ir jų nuolat daugėja. Didmiesčiai ir jų infrastruktūra, pavyzdžiui, uostai ir naftos perdirbimo įmonės, elektrinės, dažnai yra įsikūrusios prie jūrų arba upių deltose. Dėl kylančio vandenyno lygio užliejant pakrantes ir didelius plotus pasaulis gali netekti teritorijų, netgi ištisų šalių, pavyzdžiui, salose įsikūrusių mažų valstybių, kils ginčų dėl sienų. Daugėjant gaivališkų nelaimių ir humanitarinių krizių, didėja spaudimas valstybėms donorėms, kurių turimi ištekliai, įskaitant gelbėjimo pajėgumus, taip pat nėra begaliniai.
- *Ekologinių problemų sukelta gyventojų migracija, jų pažeidžiamumas ir radikalėjimas.* Tam tikrų sluoksnių gyventojai, jau kenčiantys dėl prastos sveikatos, nedarbo arba socialinės atskirties, dėl klimato kaitos padarinių tampa dar pažeidžiamesni, dėl to gali paspartėti migracija, augti įtampa tarp skirtingų etninių ir religinių grupių, o didėjantis politinis radikalėjimas gali destabilizuoti šalis ir net ištisus regionus (pvz., Šiaurės Afrikoje ir Viduriniuose Rytuose). Ypač pavojingi ilgalaikių sausrų ir dykumėjimo padariniai, sukeliantys teritorinius konfliktus, didinantys įtampą pabėgėlių perkėlimo zonose ir tose teritorijose, į kurias vykstama. Europa ir ateityje neišvengs didelio migrantų antplūdžio.



Sausra Sirijoje (*„Scanpix" nuotrauka*)

Jei tarptautinė bendruomenė nepajėgs išspręsti aptartų galimų problemų, klimato kaitos padariniai pakurstys apmaudą tų, kurie yra atsakingi už klimato kaitą, ir tų, kurie nuo jos labiausiai nukentėjo. Taigi klimato kaitos padariniai didins įtampą ir nacionaliniu, ir tarptautiniu lygiu.

2006–2010 metais Siriją niokojo didelė sausra. Nuo 1990 metų vidutinė metinė temperatūra šalyje padidėjo 1–1,2 °C, o lietaus sezonas sutrumpėjo dešimtadaliu. Visa tai privertė maždaug 1,5 mln. kaimų gyventojų palikti namus ir persikraustyti į perpildytus miestus. Per aštuonerius metus miestų gyventojų skaičius padidėjo 50 %. Sunyko 800 tūkst. valstiečių ūkių, o grūdų kaina pakilo 27 %. Su tuo susijęs gyvenimo lygio smukimas sukėlė masinį nepasitenkinimą ir tapo viena iš pilietinio karo priežasčių.

Ar žinote, kad…

- Jungtinės Tautos prognozuoja, kad iki 2020 metų atsiras milijonai ekologinių migrantų, o viena svarbiausių šio reiškinio priežasčių – klimato kaita.
- Didžioji pasaulio naftos ir dujų išteklių dalis yra regionuose, kuriuos labiausiai pažeidžia klimato kaitos poveikis. Kadangi dėl klimato atšilimo atsiveria iki šiol buvę neprieinami regionai (pavyzdžiui, Arktis), grumtynės dėl išteklių intensyvės.

95 Ar perspektyva sumažinti klimato kaitos poveikį biologinei įvairovei yra optimistinė, ar pesimistinė?

Faktas

Kokia bus perspektyva siekiant sumažinti klimato kaitos poveikį biologinei įvairovei, priklauso nuo to, ar žmonija gebės sustabdyti globalią klimato kaitą Žemėje, ir kiek išteklių bus skiriama rūšims išsaugoti.

Vargu ar kas gali atsakyti, kokia iš tiesų yra toji perspektyva. Panašu, kad tinkami gali būti abu atsakymai – perspektyva gali būti tiek teigiama, tiek neigiama. Kad perspektyva mažinant pasaulinės klimato kaitos poveikį biologinei įvairovei yra optimistinė, visuotinės vilties teikia daugelis žmonijos žengtų žingsnių, kuriais siekiama sumažinti klimato atšilimą. Didžiausias pasiekimas buvo patvirtinta Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencija ir pasirašytas šios konvencijos Kioto protokolas. Vienu paskutinių ir didžiausiu optimizmo teikiančiu įvykiu tapo 2015 metų lapkričio–gruodžio mėnesį Paryžiuje Jungtinių Tautų sušauktoje pasaulinėje aukščiausio lygio klimato kaitos konferencijoje pasiektas susitarimas Žemės klimatui stabilizuoti. Nepaisant šalių interesų skirtumų, Paryžiaus visuotiniam susitarimui pritarė visos 195 Jungtinių Tautų valstybės narės. Pasaulio spauda šį susitarimą pavadino ambicingiausia sutartimi žmonijos istorijoje. Jungtinių Tautų generalinis sekretorius Ban Ki Munas (Ban Ki-moon) pavadino jį „milžinišku žmonių ir mūsų planetos triumfu“, o galingiausios pasaulio šalies – JAV – prezidentas Barakas Obama (Barack Obama) apibūdino susitarimą kaip „geriausią galimybę išsaugoti planetą tokią, kokią ją turime“. Be to, daugybė pasaulio šalių yra pasirašiusios ar patvirtinusios keletą svarbių konvencijų, susitarimų, skirtų gyvajai gamtai išsaugoti, taip pat parengusios nacionalines biologinės įvairovės apsaugos strategijas, veiksmų planus; didžiulės lėšos skiriamos biologinei įvairovei saugoti ir išlaikyti. Mokslinius biologinės įvairovės apsaugos pagrindus kuria stipriausių pasaulio universitetų, mokslo centrų ir institutų mokslininkai. Atliekama biologinės įvairovės rūšių, bendrijų, buveinių ir ekosistemų stebėsena, išskiriamos, palaikomos ir tvarkomos saugomos teritorijos. Optimizmo teikia ir mokslinių tyrimų rezultatai, rodantys, kad ne visos biologinės įvairovės rūšys ar bendrijos patirs neigiamą poveikį, o kai kurioms iš jų poveikis bus netgi teigiamas (žr. 64 ir 72 klausimus).
Kita vertus, pesimistiškai nuteikia žmonijos godumas ir galimybė, kad duotų pažadų bus nesilaikoma – naujasis JAV prezidentas Donaldas Trumpas (Do-



Gamtos ir žmogaus harmonija – vasarą kalnuose, kuriuose gyvena daugiau kaip 1000 tik jiems būdingų perinčių paukščių rūšių. Dar nenutirpę ledynai teikia vilčių išsaugoti biologinę įvairovę
(Rasos Žalakevičiūtės nuotraukoje – Kanada)

nald Trump) jau paskelbė, kad atsisakys prisiimtų įsipareigojimų. Pasaulį viena po kitos krečiančios ekonominės krizės, verslo interesai, didėjanti Vakarų ir Rytų priešpriešа, nusistovėjusios pasaulio tvarkos laužymas gali nubraukti visus žmonijos pasiekimus.
Tačiau, nepaisant dabartinio laikmečio problemų ir realijų, viso pasaulio mokslininkai toliau sutelktai dirba tyrinėdami gyvosios gamtos būklę ir pokyčius, stengdamiesi suprasti gyvybei gresiančius pavojus ir nuolat ieškodami naujų būdų išsaugoti biologinę įvairovę. Tikėkime, kad šie mokslininkų darbai, geriausių pasaulio protų pastangos, lems optimistinį scenarijų švelninant ir stabdant klimato kaitą bei siekiant išsaugoti biologinę įvairovę ateities kartoms.

Ar žinote, kad…

- Jau kelis dešimtmečius globalinės klimato kaitos poveikį biologinei įvairovei tiria ir poveikio švelninimo būdų ieško žymiausių pasaulio universitetų (Oksfordo, Kembridžo, Jeilio, Kornelio ir kitų) mokslininkai.
- Kasmet pasaulyje paskelbiama šimtai mokslinių straipsnių, leidžiamos mokslinės monografijos, skirtos klimato kaitos biologinei įvairovei daromam poveikiui nagrinėti.
- Daugybė mokslinių tyrimų, atliktų įvairiuose planetos kampeliuose, padėjo sukurti naują mokslo šaką – klimato kaitos ornitologiją. Ji tiria klimato kaitos poveikį geriausiems gyvojoje gamtoje gyvenantiems jos „indikatoriams“ – paukščiams.
- Remiantis moksliniais tyrimais, kuriama nauja rūšių apsaugos strategija ir politika, pritaikyta biologinei įvairovei daromam klimato kaitos poveikiui švelninti.

96 Ką veikia Tarpvyriausybinė klimato kaitos komisija?

Faktas

1988 metais Tarpvyriausybinę klimato kaitos komisiją įsteigė Pasaulinė meteorologijos organizacija ir Jungtinių Tautų Aplinkos apsaugos programa.

Tarpvyriausybinė klimato kaitos komisija (angl. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) yra mokslo institucija, įsteigta siekiant įvertinti žmogaus sukeltos klimato kaitos riziką. Komisija savarankiškai neatlieka tyrimų, klimato ir su jo kaita susijusių reiškinių stebėsenos, tik apibendrina viso pasaulio mokslininkų atliktus ir paskelbtus darbus. Ji nurodo, kad prioritetas turi būti teikiamas recenzuotoms publikacijoms, bet autoriai gali remtis ir kita aukštos kokybės nerecenzuota medžiaga, pavyzdžiui, modelių rezultatais, valstybinių ir nevyriausybinių organizacijų parengtais analitiniais dokumentais.

Pagrindinė šios institucijos veikla apima ataskaitų, susijusių su JT Bendrosios klimato kaitos konvencijos įgyvendinimu, leidimą. Komisijos ataskaitų duomenys plačiai naudojami daugelyje diskusijų klimato tema, priimant vyriausybinius sprendimus, tarptautiniuose debatuose ir laikomi autoritetingais šaltiniais.

Tūkstančiai žymiausių mokslininkų ir kitų ekspertų savanoriškai prisideda prie ataskaitų rengimo. Jas vėliau dar įvertina daugiau kaip 120 dalyvaujančių šalių vyriausybės. Komisija yra mokslo įstaigos ir tarpvyriausybinės politinės organizacijos derinys.

Komisijos tikslas – įvertinti mokslinę informaciją, susijusią su žmogaus sukelta klimato kaita, jos poveikiu, prisitaikymu prie klimato kaitos ir padarinių švelninimu.

IPCC vadovauja taryba ir jos renkamas pirmininkas. Maždaug kartą per metus vyksta plenarinė sesija, kurioje nustatoma organizacijos sudėtis, darbo programa ir procedūros. Taryba yra IPCC institucija. Komisijos sekretoriatas, padedamas Jungtinių Tautų Aplinkos apsaugos programos ir Pasaulinės meteorologinės organizacijos, prižiūri ir tvarko visą veiklą. Komisiją sudaro kelios darbo grupės, kiekviena iš jų turi du pirmininkus, po vieną iš ekonomiškai stiprių ir silpnų šalių; be to, yra sukurtas techninės pagalbos padalinys.

Pirmoji darbo grupė vertina su klimato sistema ir klimato kaita susijusius mokslinius aspektus. Antroji darbo grupė vertina su klimato kaita susijusį socialinių, ekonominių ir gamtinių sistemų pažeidžiamumą, padarinius ir prisitaikymo galimybes. Trečioji darbo grupė vertina galimybes riboti ŠESD kiekį ir kitaip švelninti klimato kaitą. Speciali grupė koordinuoja nacionalines ŠESD



IPCC penktosios ataskaitos I, II, III tomų ir dalies „Ataskaitos sintezė“ viršeliai

kiekio apskaitas ir rengia metodikas išskiriamam ŠESD kiekiui įvairiuose ūkio sektoriuose apskaičiuoti.

IPCC finansuojama iš Pasaulinės meteorologijos organizacijos, Jungtinių Tautų Aplinkos apsaugos programos ir IPCC šalių narių metinių įmokų.

Komisija yra paskelbusi penkias išsamias vertinimo ataskaitas (1990, 1995, 2001, 2007 ir 2013–2014 metais), taip pat specialiąsias ataskaitas tam tikromis temomis (ŠESD emisijos scenarijai, atsinaujinantieji energijos ištekliai ir kita). Nuo 2001 metų kiekviena vertinimo ataskaita yra trijų tomų, kuriuos parengė atitinkamai pirmoji, antroji ir trečioji darbo grupės, sudarytos iš vyriausybių deleguotų mokslininkų.

Kiekviename IPCC ataskaitos tome pateikiama trumpa „Santrauka politikos formuotojams“ ir „Ataskaitos sintezė“, nes visa vertinimo ataskaita yra kelių tūkstančių puslapių. Visos ataskaitos yra laisvai prieinamos IPCC portale (https://www.ipcc.ch/). Iš anglų kalbos jos išverstos į arabų, kinų, ispanų, prancūzų ir rusų kalbas.

Ar žinote, kad…

- 2007 metais IPCC ir buvusiam JAV viceprezidentui Albertui Arnoldui Gorui (Albert Arnold Gore) buvo skirta Nobelio taikos premija už jų pastangas didinant ir skleidžiant žinias apie žmogaus nulemtą klimato kaitą ir kuriant priemones, kurių reikia, kad ta kaita būtų neutralizuota.
- Jau pradėta rengti IPCC šeštoji vertinimo ataskaita, ją numatoma paskelbti 2022 metais.
- 2018 metais IPCC parengs specialią ataskaitą, skirtą vadinamosioms Pagalbinėms šalių konsultacijoms, kurių metu vertinama, ar bendri veiksmai siekiant Paryžiaus susitarime numatytų tikslų yra pakankami.

97 Kokia Europos Sąjungos klimato kaitos valdymo politika?

Faktas

1990–2015 metais Europos Sąjunga sumažino išmetamą ŠESD kiekį 23,6 %, o ekonomika išaugo 49 %.

Europos Sąjunga nuolat skatina sumažinti klimato kaitą ir kurti mažą ŠESD kiekį išskiriančių technologijų ir atsparią klimato kaitai ekonomiką. Pirmųjų veiksmų imtasi 1990 metais, kai ES įsipareigojo iki 2000 metų stabilizuoti išmetamą ŠESD kiekį, kad jis neviršytų tuo metu buvusio lygio. Šis tikslas pasiektas. Nuo tada ES ėmėsi daug politinių priemonių, kuriomis siekiama mažinti ŠESD kiekį. Daugelis tų priemonių nustatytos 2000 metais parengtoje Europos klimato kaitos programoje. Be to, valstybės narės ėmėsi nacionalinių priemonių.
ES yra pirmasis pasaulio regionas, kuriame priimti privalomi teisės aktai, kad šie tikslai būtų pasiekti. 2014 metais ES vadovai, priėmę klimato ir energetikos politikos iki 2030 metų strategiją, įsipareigojo ryžtingiau siekti, kad ES ekonomikos ir energetikos sistema taptų konkurencingesnė, saugesnė ir tvaresnė. Užkirsti kelią pavojingai klimato kaitai yra vienas svarbiausių ES prioritetų. Europa deda daug pastangų, kad iš esmės sumažintų išmetamą ŠESD kiekį, ir ragina prisidėti kitas šalis ir regionus.
ES pagrindiniai tikslai iki 2020 metų:
- 20 % sumažinti išmetamą ŠESD kiekį, palyginti su 1990 metais;
- 20 % visos suvartojamos energijos turėtų būti išgaunama iš atsinaujinančiųjų šaltinių;
- 20 % padidinti energijos vartojimo efektyvumą.

ES pagrindiniai tikslai iki 2030 metų:
- bent 40 % sumažinti išmetamą ŠESD kiekį, palyginti su 1990 metais;
- bent 27 % visos suvartojamos energijos gauti iš atsinaujinančiųjų šaltinių;
- bent 27 % padidinti energijos vartojimo efektyvumą, 2020 metais peržiūrėti šį tikslą ir siekti 30 %;
- ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemoje (ATLPS) dalyvaujantys sektoriai, t. y. kurą deginantieji įrenginiai, kurių galia viršija 20 megavatų, chemijos, plieno, aliuminio pramonė (tarp jų 93 Lietuvos įmonės), kartu su kitų ES valstybių narių 120 tūkst. įmonių bendrai privalo sumažinti ŠESD emisijas 43 %, palyginti su 2005 metais.
- ES ATLPS nedalyvaujančiuose sektoriuose (transportas, žemės ūkis, pastatai, namų ūkis, atliekų tvarkymas, paslaugos ir kita) emisijas reikės sumažinti 30 %, palyginti su 2005 metais, ir kiekvienai valstybei narei bus nustatytas atskiras privalomas išmetamo ŠESD kiekio mažinimo tikslas (pavyzdžiui, Lietuva iki 2030 metų ŠESD kiekį šiuose sektoriuose privalės sumažinti 9 %, palyginti su 2005 metais).

Ilgalaikis tikslas:
- ekonomiškai stiprių šalių grupės pastangomis iki 2050 metų iš esmės sumažinti išmetamą ŠESD kiekį 80–95 %, palyginti su 1990 metais;
- Europos Komisija mažą ŠESD kiekį išskiriančių technologijų ekonomikos sukūrimo iki 2050 metų plane[1] apžvelgia būdus, kaip efektyviausiai pasiekti, kad išmetamų teršalų kiekis būtų sumažintas 80–95 %.

Kovojant su klimato kaita dabar galima išvengti ekonominių nuostolių ilguoju laikotarpiu. Vis didesnė švariųjų technologijų paklausa taip pat suteikia galimybių modernizuoti Europos ekonomiką, didinti jos konkurencingumą, skatinti ekologišką ekonomikos augimą ir kurti ekologiškas darbo vietas. ES siekia klimato srities tikslų derindama finansinės paramos ir reglamentavimo priemones.
Finansavimas:
- bent 20 % 2014–2020 metų ES biudžeto – 180 mlrd. eurų – turėtų būti skirta klimato apsaugai. Šios lėšos papildytų ES šalių skiriamą finansavimą;
- Paryžiaus susitarimo įgyvendinimas iš ES pareikalaus iki 2030 metų investuoti 13,5 trilijonų JAV dolerių;
- ES finansuoja mažo CO_2 kiekio energetikos parodomuosius projektus lėšomis, gautomis iš ATLPS. Vienas projektų – elektrinių bei kitų pramonės objektų išmetamo CO_2 absorbcijos ir jo saugojimo grunte technologijų kūrimas.

ES tarptautiniai įsipareigojimai:
- ES įsipareigojo vykdyti Kioto protokolo antrąjį etapą, kurio trukmė – 2013–2020 metai;
- ES 2015 metais pasirašė naują Paryžiaus susitarimą dėl klimato, kuris turi būti įgyvendinamas nuo 2020 metų (žr. 93 klausimą).

Net jei nuo šiandien į aplinką visai nebūtų išmetama teršalų, atmosferoje jau esančios dujos ir toliau keistų klimatą ne vieną dešimtmetį. Kitos išeities, kaip prisitaikyti prie klimato kaitos, nėra. Europos Komisija 2013 metais priėmė ES prisitaikymo prie klimato kaitos strategiją, o iki 2017 metų visos valstybės narės turėjo patvirtinti nacionalinius planus, skirtus pasirengti neišvengiamam klimato kaitos poveikiui.
Joje, be kita ko, nurodomi tokie svarbiausi veiksmai: atsižvelgiant į galimas ateities klimato sąlygas keisti statybos normas, imtis apsaugos nuo potvynių priemonių, išvesti sausroms atsparių augalų veislių ir kita.

Ar žinote, kad…

- Siekiant padidinti paramą neturtingiausioms ir pažeidžiamiausioms šalims, ES Pasauliniam klimato kaitos aljansui (angl. *Global Climate Change Alliance*, GCCA) 2014–2020 metų laikotarpyje skirs apie 350 mln. eurų.
- ES ir jos valstybės narės 2016 metais skyrė 20,2 mlrd. eurų tarptautiniam klimato kaitos finansavimui (2015 metais – 17,6 mlrd. eurų).
- Lietuva 2011–2016 metais skyrė tarptautiniam klimato kaitos finansavimui apie 1, 4 mln. eurų.

[1] Žr. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/ALL/?uri=CELEX:52011DC0112.

98 Kas yra Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema?

Faktas

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema Europos Sąjungoje įdiegta 2005 metais. Tai pagrindinis klimato kaitos valdymo instrumentas Europos Sąjungoje.

Apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema (ATLPS) taikoma apie 45 % ŠESD (CO_2 ir N_2O), išmetamų iš daugiau kaip 12 000 daug energijos naudojančių įrenginių, kurių galingumas viršija 20 megavatų. Tai katilinės ir elektrinės, cemento ir kalkių, naftos perdirbimo, keramikos, stiklo, medienos ir popieriaus, plytų ir čerpių, akmens vatos gamybos sektorių įrenginiai, esantys ne tik ES šalyse, bet ir Islandijoje, Lichtenšteine ir Norvegijoje. Nuo 2012 metų į ATLPS įtraukta aviacija, tačiau nuo 2013 m. sistema taikoma tik orlaivių naudotojų skrydžiams Europos ekonominės erdvės šalyse. Nuo 2013 metų į ATLPS įtrauktos pramoninių procesų metu išmetamos azoto suboksido (N_2O) dujos.

ES skatina apyvartinių taršos leidimų sistemoje dalyvaujančius veiklos vykdytojus mažinti į atmosferą išmetamų ŠESD kiekį. Pagrindinis ATLPS principas paprastas – nustatyta riba, kiek ŠESD Europos Sąjungoje gali išmesti visi veiklos vykdytojai, kuriems taikoma ši sistema. Neviršijant šios ribos, veiklos vykdytojams pagal konkrečiam produktui pagaminti nustatytą santykinį taršos rodiklį (ŠESD kiekis, tenkantis produkcijos vienetui pagaminti) suteikiami apyvartiniai taršos leidimai (ATL) kasmet išmesti tam tikrą kiekį tonų ŠESD, o viršijus šį kiekį, leidimus ATL reikia pirkti aukcione. Tie veiklos vykdytojai, kurie, įdiegdami energijos efektyvumo ir (ar) atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo technologijas, ŠESD išmeta mažiau, perteklinius ATL gali parduoti. Įmonės, kurios numato, kad ŠESD išmes daugiau, negu joms suteikta, gali arba investuoti į priemones ar technologijas, kuriomis jų išmetamų teršalų ŠESD kiekis būtų sumažintas, arba rinkoje nusipirkti trūkstamus papildomus ATL, neviršydamos ES bendros metinės ŠESD kiekio ribos. Taip užtikrinama, kad teršalų sumažinama ten, kur tai padaryti ekonomiškiausia, ir investuojama į sritis, kuriose galima labiausiai sumažinti išmetamą ŠESD kiekį mažiausiomis sąnaudomis.

Iš pradžių didžioji ATL dalis veiklos vykdytojams buvo suteikiama nemokamai, tačiau nuo 2008 m. pradžios veiklos vykdytojai vis didesnę dalį ATL turi pirkti aukcione, ir ši dalis kasmet didėja. Dėl mažėjančio nemokamai gaunamų ATL kiekio veiklos vykdytojai įpareigojami mažinti į atmosferą išmetamą ŠESD kiekį. 2021–2030 m. ATLPS taikymo laikotarpiu ne tik kasmet per 2,2 % mažinama ES apyvartinių taršos leidimų kvota, bet ir, atsižvelgiant į technologijų pažangą



ATLPS dalyvauja apie 90 Lietuvos įmonių. Tai šilumos ir elektros gamybos jėgainės, chemijos ir naftos pramonės gamyklos, cukraus perdirbimo ir maisto fabrikai, cemento ir kitos didžiosios šalies gamyklos („Orlen Lietuva“ nuotrauka). 2015 m. jos išmetė tik 35 % viso Lietuvoje išmetamo ŠESD kiekio, o 65 % tenka žemės ūkiui, transportui, pastatams, namų ūkiui, paslaugų ir atliekų tvarkymo, smulkesnėms pramonės įmonėms, turinčioms mažesnes negu 20 megavatų galios jėgaines.

rinkoje, griežtinami santykinių taršos rodiklių koeficientai. Per 2013–2020 m. laikotarpį ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos dalyvių išmetamas ŠESD kiekis turi sumažėti 21 %, palyginti su 2005 metais išmestu ŠESD kiekiu, o 2021-2030 m. laikotarpiu – atitinkamai 43 %.

Nustatyta, kad praėjus kalendoriniams metams veiklos vykdytojai turi atsiskaityti (grąžinti) už praėjusius kalendorinius metus tokį kiekį ATL, kokie buvo faktiniai tų metų jų ŠESD išmetimai – 1 ATL už 1 toną CO_2 ekvivalento. Laiku neatsiskaičius už išmestą ŠESD kiekį, veiklos vykdytojams skiriamos piniginės baudos.

Kiekvienas veiklos vykdytojas savarankiškai sprendžia, kokiu mastu įgyvendinti ŠESD mažinimo priemones ir kiek pirkti trūkstamų ATL. Taip veiklos vykdytojai netiesiogiai remia tokių priemonių įgyvendinimą kitose ATLPS dalyvaujančiose ES įmonėse.

Nuo 2013 metų mažėja išmetamas ŠESD kiekis ir ATL paklausa. Kartu su kitais veiksniais tai lėmė, kad krito ATL kaina ir sistemoje susidarė didelis šių leidimų perteklius. Dėl to kyla pavojus, kad taikant ATLPS neliks paskatų ekonomiškai efektyviai mažinti išmetamą ŠESD kiekį ir skatinti mažą ŠESD kiekį išmetančių technologijų inovacijas. 2015 metais priimtas sprendimas nuo 2019 metų sukurti ATLPS rinkos stabilumo rezervą. Jo tikslas – sumažinti didelį apyvartinių taršos leidimų perteklių, susidariusį taikant ATLPS, ir padaryti sistemą atsparesnę pasiūlos ir paklausos disbalansui.

Ar žinote, kad…

- Į Europos Sąjungos ATLPS panašios sistemos diegiamos ir kitose šalyse: Naujojoje Zelandijoje, Kinijoje, Japonijoje, Korėjoje, Šveicarijoje ir kai kuriose Jungtinių Amerikos Valstijų bei Kanados dalyse.
- ATLPS dalyvaujančių Lietuvos sektorių ŠESD emisijos kasmet mažėja: 2013 – 7,46 mln. tonų CO_2 ekvivalento; 2016 – 6,16 mln. tonų). Iš ATLPS dalyvaujančių Lietuvos veiklos vykdytojų didžiausią ŠESD kiekį (40 %) išmeta chemijos pramonės įmonės.

99 Kas slypi po nulinės CO_2 emisijos iniciatyva?

Faktas

Pasaulyje tarp pavienių asmenų, kompanijų, organizacijų, miestų, regionų ar šalių vis labiau populiarėja praktika ne tik tiesiogiai neteršti aplinkos šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis, bet ir naudoti atsinaujinančių energijos šaltinių sukurtą energiją.

Nulinės CO_2 emisijos (angl. *zero/neutral carbon*) terminas reiškia išmetamų į atmosferą CO_2 bei kitų ŠESD ir surištos, pašalintos iš aktyvaus ciklo anglies kiekio pusiausvyrą. Pusiausvyra (t. y. neutralumas) gali būti pasiekta diegiant aplinkai draugiškas technologijas, didinant ŠESD pašalinimą absorbentais (miškuose, daugiametėse pievose ir kitur). Šiuo metu pasaulyje yra tik dvi CO_2 emisijos atžvilgiu neutralios šalys – Butanas ir Vatikanas. Tokiomis šalimis siekia tapti Islandija, Kosta Rika, Maldyvai, Norvegija, Švedija, Tuvalu.

Miestai, kurie laikosi nulinės CO_2 emisijos, energiją gauna naudodami tik atsinaujinančius šaltinius, nepalieka CO_2 pėdsako ir pasaulyje nekelia šiltnamio efekto pavojaus.

Masdaras – pirmasis pasaulio miestas su nuline CO_2 emisija, į aplinką neišmetantis jokių atliekų ar kenksmingų medžiagų ir reikalingą energiją pasigaminantis pats – kol kas dar nebaigtas statyti. Jungtinių Arabų Emyrato finansuojamas šio miesto projektas turėtų būti skirtas 50 tūkst. gyventojų ir parodyti, kaip pasiekti miesto, kurio tarša lygi nuliui, patogumus. Saulės energija Masdare, 30 km nuo Abu Dabio, gaminama įvairiai. Saulės energiją mieste gamina ne tik atskirame lauke ir ant daugelio pastatų įrengtos saulės baterijos, bet ir gyvenvietės Žinių centras (*Knowledge Center*). Langai – tik užtemdyti, o išmaniai pasitelkta vėjo energija atstoja oro kondicionavimo įrangą. Be to, projektuotojai pasitelkia seną statybininkų išmintį apie gyvenimą dykumoje. Tarp modernių fasadų, neretai puoštų arabeskomis, Masdaro miestui būdingos siauros gatvelės. Jos teikia šešėlį ir sukuria judančių oro srautų traukos efektą. Panašūs nulinės CO_2 emisijos projektai įgyvendinami Dongtano (Kinijoje) ir Malakos (Malaizijoje) miestuose.

„Žalieji“ nulinės energijos pastatai (angl. *zero energy buildings*) gamina tiek energijos, kiek suvartoja. Kitaip tariant, šie pastatai turi būti sukonstruoti ir įrengti taip, kad jų pagaminamas energijos kiekis būtų lygus eksploatacijos metu suvartojamam. Energetiškai efektyvus pastatas turėtų atitikti šiuos kriterijus:

- vidutinis metinis suvartojimos energijos kiekis turi būti lygus pagaminamam jos kiekiui;




Pirmojo pasaulyje nulinės CO_2 emisijos miesto Masdaro (Jungtiniai Arabų Emyratai) vaizdai („Foster + Partners“ nuotraukos)

- kuo mažesniais kiekiais naudoti neperdirbtą vandenį;
- statant ir eksploatuojant tokį pastatą turėtų būti naudojamos iš antrinių žaliavų pagamintos medžiagos;
- turėtų būti suplanuotas taip, kad jame žmonės jaustųsi patogiai ir efektyviai išnaudotų kiekvieną erdvę.

2011 metais Europos Taryba patvirtino ES tikslą iki 2050 metų išmetamą ŠESD kiekį sumažinti 80–95 %, palyginti su 1990 metais, o kartu buvo priimtas ir planas iki 2050 metų sukurti konkurencingą mažą ŠESD kiekį išskiriančių technologijų ir atsparią klimato kaitos poveikiui ekonomiką. Vienas iš šio plano įgyvendinimo pavyzdžių Europoje yra Merų paktas dėl klimato ir energetikos (www.merupaktas.eu/). Ši iniciatyva, vienijanti tūkstančius vietos ir regiono valdžios institucijų, savo teritorijose savanoriškai įsipareigojusių įgyvendinti ES klimato ir energetikos tikslus, buvo paskelbta 2008 metais. Prie Merų pakto prisijungusios institucijos iki 2030 metų įsipareigoja sumažinti išmetamą ŠESD dujų kiekį ne mažiau kaip 40 % ir parengti integruotą metodą, skirtą klimato kaitai švelninti ir prie jos prisitaikyti.

Ar žinote, kad…

- Pasaulio miestuose išmetama 71–76 % viso išmetamo CO_2 kiekio ir suvartojama 67–76 % visos pasaulyje pagaminamos energijos.
- Pirmojo nulinės CO_2 emisijos miesto pasaulyje – Masdaro – (Jungtiniuose Arabų Emyratuose) projektas turėtų būti baigtas 2020 metais ir kainuoti 22 mlrd. JAV dolerių.
- Merų pakto veiksmų planus Lietuvoje yra pateikusios 14 savivaldybių, 7 iš jų patvirtinti. Pirmąjį veiksmų planą pateikė Šilalės savivaldybė (2010-06-22).

100 Ar galima geoinžineriniais metodais reguliuoti klimato kaitą?

Faktas

Geoinžinerija – kompleksas priemonių ir technologijų, nukreiptų aktyviai paveikti klimatą kuriame nors regione arba visoje Žemėje. Šiomis priemonėmis siekiama sustabdyti nepageidaujamą klimato kaitą ir sukurti palankesnes sąlygas žmonių gyvenimui ir ekonominei veiklai.

Mokslininkai, remiantys geoinžinerijos idėjas, teigia, kad klimato kaitos nepadės sušvelninti net drastiškos taršą mažinančios priemonės ar perėjimas nuo iškastinio kuro prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo, todėl reguliuojant klimato kaitą reikia imtis aktyvių techninių veiksmų. Laimė, kol kas tokie veiksmai nebuvo plačiai taikomi, nes yra pavojus, kad geoinžinerijos metodai gali sutrikdyti visą gamtos procesų vyksmą. Net sakoma, kad geoinžinerija – gamtos pabaiga. Kita vertus, žmogus jau suardė klimato sistemos natūralią raidą, todėl motyvas imtis geoinžinerijos metodų suprantamas – stiprėja šiltnamio efektas, sparčiai kyla globalioji temperatūra, vis didesnių nuostolių padaro orų anomalijos.

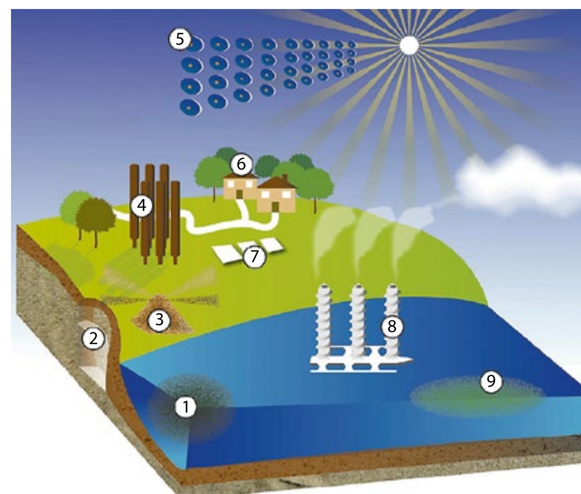
Šiuo metu yra daug įvairių geoinžinerinių projektų, juos galima suskirstyti į tris grupes.

1. Saulės spinduliuotės ir energijos balanso reguliavimas. Siekiama ieškoti būdų, kaip sumažinti Saulės spinduliuotės prietaką į Žemę ir jos sugėrimą įvairiuose paviršiuose.

2. ŠESD ir kitų teršalų kiekio atmosferoje mažinimas. Numatoma arba pašalinti ŠESD iš atmosferos, arba skatinti procesus, kurie natūraliai mažintų šių dujų kiekį.

3. Arkties ledų ir daugiamečio įšalo tirpsmo stabdymas. Daugelis mokslininkų mano, kad šis siekis yra svarbiausias ir reikalauja kuo skubiau aktyviai įsikišti, nes Arkties reikšmė Šiaurės pusrutulio klimatui labai didelė. Arkties ledai lyg veidrodis atspindi Saulės spindulius, o įšalusiame grunte užkonservuoti didžiuliai kiekiai metano, kuris priskiriamas ŠESD. Siūloma virš Arkties purkšti gėlą vandenį, kad susidarytų daugiau paviršinio ledo, nes druskingas jūros vanduo užšąla, kai temperatūra žemesnė.

Geoinžinerija turi ne tik šalininkų, bet ir priešininkų. Pirmiausia, nepaisant teorinio metodų pagrindimo, juos įgyvendinant gali būti pasiektas tik menkas teigiamas (o kartais net neigiamas) efektas. Pavyzdžiui, prisotinus vandenyną geležies jonais, fotosintezės sunaudojamą CO_2 kompensuotų jo išsiskyrimas, vykstantis fitoplanktonui kvėpuojant ir yrant. Technologijos, kuriomis iš atmosferos būtų šalinamas CO_2, gali sukelti vandenyno rūgštėjimą, nes nėra



Geoinžinerijos metodai, skirti paveikti klimato kaitą:
1 – klimatą reguliuojantys augalai: šviesialapių ir sausroms atsparių augalų pasėliai atspindi Saulės spindulius, stabdo dykumėjimą;
2 – išmanieji dirbtiniai medžiai: iš oro surenka CO_2 ir pumpuoja į gręžinius po žeme;
3 – biodeginimas: žemės ūkio augalinių atliekų deginimas šachtose po žeme;
4 – dirbtiniai ugnikalniai: dūlėjimo ir CO_2 išsiskyrimo į atmosferą pristabdymas išpurškiant virš sausumos magnio ir geležies silikatus;
5 – vandenynų trešimas: geležies ir azoto įterpimas į vandenį, kad fitoplanktonas greičiau pasisavintų CO_2 iš atmosferos;
6 – atmosferos veidrodžiai: stratosferoje paskleistos aliuminio ir kitų metalų dulkės atspindėtų Saulės spindulius;
7 – dažymas baltai: šviesios stogų ir kelių dangos atspindėtų Saulės spindulius;
8 – debesų auginimas: išpurškiant į debesis jūros vandenį būtų skatinamas lietus;
9 – dirbtiniai mikroorganizmai: sintetiniai mikroorganizmai ir dumbliai sugertų CO_2

garantijos, kad CO_2, perpumpuotas į vandenyno dugną, ilgainiui nepasklis visoje vandens masėje. Dar vienas galimas šalutinis stratosferos prisotinimo metalo dalelėmis efektas – padidėjęs atmosferos elektros laidis. Jis skatina dažnesnį elektros iškrovų, arba sausųjų žaibų, susidarymą ir kritulių mažėjimą.

Geoinžinerijos priešininkai reiškia susirūpinimą, kad bendras kurių nors priemonių efektas dar nepakankamai ištirtas, tad jo padariniai gali pabloginti ekologinę padėtį. Dar nėra sukurta pakankamai tikslių ir patikimų klimato ir aplinkos būklės modeliavimo metodų, galinčių įvertinti įvairių procesų vyksmą ir tarpusavio sąveiką tolimoje perspektyvoje.

Geoinžinerinius projektus nuolat lydi mokslininkų įtarimai, kad kova su klimato kaita gali būti tik priedanga siekiant visai kitų tikslų, susijusių su geofizinio ginklo kūrimu. Jeigu visa informacija apie geoinžinerinius projektus būtų prieinama viešai, galbūt paaiškėtų, kad Žemei tai yra ne gelbėjimo planas, o reali grėsmė.

Geoinžinerija turi tarnauti viešajam interesui, o tvarkytis su pasauliniais klimato iššūkiais turi padėti mokslas, technologijos. Šiuos iššūkius deramai suvokti ir sėkmingai su jais susidoroti galima tik plėtojant tarptautinį bendradarbiavimą geoinžinerijos srityje.

Ar žinote, kad…

- Terminas „geoinžinerija“ atsirado XX amžiaus aštuntajame dešimtmetyje, kai buvo paskelbti italų fiziko Čezarės Markečio (Cesare Marchetti) darbai. Juose siūlyta CO_2 leisti ne į atmosferą, o į vandenyną ir tokiu būdu mažinti ŠESD koncentraciją.

Norintiems apie klimato kaitą sužinoti daugiau

Knygos, apžvalgos

Balevičius A. ir kt., *Globali aplinkos kaita*, Vilnius: Vilniaus universitetas, 2007. http://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/wp-content/uploads/2014/02/Globali_aplinkos_kaita_web.pdf

Bradley R. S., *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*, 3rd edition, San Diego: Elsevier/Academic Press, 2014.

Bukantis A., *Kas užlopys dangų*, Vilnius: Tyto alba, 2014.

Climate Change 2014: Synthesis Report, IPCC, 2014.

Elkins N., *Weather and Bird Behaviour*, London: T & A D Poyser, 2004.

Fagan B. M., *Ilgoji vasara. Kaip klimatas keitė civilizaciją*, Vilnius: Eugrimas, 2013.

Moller A. P., Fiedler W., Berthold P. (eds.), *Effects of Climate Change on Birds*, Oxford: Oxford University Press, UK, 2010.

Pearce-Higgins J. W., Green R. E., *Birds and Climate Change: Impacts and Conservation Responses*, Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

Rohli R. V., Vega A. J., *Climatology*, 2 edition, Jones & Bartlett Learning, 2011.

Sokolov L.V., *Climate in the Life of Plants and Animals* (in Russian), Sankt-Petersbug: TECCA, 2010.

The BACC Author Team, *Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*, 2008, 2015. http://www.baltic-earth.eu/BACC2/

Žalakevičius M., *Klimato kaitos ornitologija*, Vilnius: Gamtos tyrimų centro leidykla, 2017.

Žalakevičius M., *Ornitologijos raida: nuo pirmųjų sieninių olų piešinių iki klimato kaitos ornitologijos*, Vilnius: Gamtos tyrimų centro leidykla, 2013.

Žalakevičius M., *Paukščių migracija*, Vilnius: Gamtos tyrimų centro leidykla, 2015.

Informacija internete

Aplinkosaugos koalicija,
http://aplinkosauga.lt/

Baltijos jūros regiono prisitaikymo prie klimato kaitos strategija,
http://www.baltadapt.eu/index.php

BalticClimate priemonių rinkinys,
http://www.toolkit.balticclimate.org/lt/priemoni%C5%B3-rinkinys

Cambridge Institute for Sustainability Leadership,
http://www.cisl.cam.ac.uk/

Climate-ADAPT,
http://climate-adapt.eea.europa.eu/

Climate Data Guide,
https://climatedataguide.ucar.edu/

Climatic Research Unit. University of East Anglia,
http://www.cru.uea.ac.uk/data

EK Jungtinis tyrimų centras (JRC),
https://ec.europa.eu/jrc/en

EK klimato politika,
https://ec.europa.eu/clima/index_lt

EK prisitaikymo prie klimato kaitos duomenų bazė,
http://climate-adapt.eea.europa.eu/

ES Europos aplinkos agentūra,
http://www.eea.europa.eu/lt/themes/climate,
http://www.eea.europa.eu/lt/themes/prisitaikymas-prie-klimato-kaitos

ESA. Explore Earth Online,
https://earth.esa.int/web/guest/data-access

European Climate Foundation,
https://europeanclimate.org/

Europos Komisijos prisitaikymo prie klimato kaitos duomenų bazė,
http://climate-adapt.eea.europa.eu/

Global Biodiversity Information Facility,
https://www.gbif.org/

Greenpeace,
http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC),
http://www.ipcc.ch/

International Institute for Sustainable Development (IISD) Reporting Services,
http://enb.iisd.org/

Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos,
http://www.meteo.lt/

LR aplinkos apsaugos agentūra,
http://klimatas.gamta.lt/cms/index

LR aplinkos ministerija,
http://www.am.lt

Merų paktas dėl klimato ir energetikos,
http://www.merupaktas.eu/about/covenant-of-mayors_lt.html

NCEI,
https://www.ncdc.noaa.gov/

NSIDC,
https://nsidc.org/

PALEOMAP Project,
http://www.scotese.com/

The Center for Satellite Applications and Research,
https://www.star.nesdis.noaa.gov/star/index.php

The Climate Action Network,
http://www.climatenetwork.org/

The World Climate Research Programme (WCRP),
https://www.wcrp-climate.org/

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC),
http://newsroom.unfccc.int/

U.S. Global Change Research Program,
http://www.globalchange.gov/

Vilniaus universiteto Hidrologijos ir klimatologijos katedra,
http://www.hkk.gf.vu.lt/

World Wildlife Fund (WWF),
https://www.worldwildlife.org/initiatives/climate

Iliustracijų šaltiniai

Viršelyje ir 2, 6–10 psl.: „Shutterstock“ nuotraukos

13 psl.: http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/GOS.html

21 psl.: http://www.wmo.int/pages/prog/sat/images/cgms_satellites_1000.jpg

23 psl.: https://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf

27 psl.: http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/research/past_atmos/composition_greenhouse/

29 psl.: http://www.nature.com/ngeo/journal/v5/n12/fig_tab/ngeo1651_F1.html

31 psl.: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vikings_exploration_and_territories-en.svg

33 psl.: https://www.britannica.com/science/Little-Ice-Age

35 psl.: https://en.wikipedia.org/wiki/Phanerozoic

39 psl.: http://blogs.egu.eu/geolog/files/2013/10/IPCC-1.jpg

41 psl.: http://blogs.egu.eu/geolog/files/2013/10/IPCC-1.jpg

44 psl.: https://nsidc.org/sites/nsidc.org/files/images//N_20120916_doy_extn_hires.png

47 psl.: http://www.climatesignals.org/resources/figure-distribution-ice-loss-period-2003%E2%80%932012

48 psl.: https://pubs.usgs.gov/fs/2009/3046/

51 psl.: http://www.climatechange2013.org/images/figures/WGI_AR5_FigSPM-2.jpg

53 psl.: http://www.prairiefirenewspaper.com/files/200907-water-levels-dropping.gif

55 psl.: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/tropical-cyclones/201613

61 psl.: https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/historical.html

68 psl.: http://www.dec.ny.gov/energy/76533.html

70 psl.: http://flegt.info/en/featured/brasil-2/

73 psl.: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/global_emissions_sector_2015.png
https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/global_emissions_gas_2015.png

77 psl.: http://circa.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/1618/2016/01/sealevelriseillustration.png

79 psl.: http://www.climatecentral.org/news/global-warming-el-nino-link-stronger-but-still-not-proven-15427

81 psl.: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-07/scenarioco2.jpg

82 psl.: http://nca2014.globalchange.gov/report/appendices/climate-science-supplement

83 psl.: http://paos.colorado.edu/~dcn/ATOC7500/

85 psl.: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure-9-5.html
http://blogs.reading.ac.uk/climate-lab-book/files/2014/01/fig-nearterm_all_UPDATE_2017-panela-1.png

87 psl.: https://www.metoffice.gov.uk/climate-guide/science/science-behind-climate-change/feedbacks

89 psl.: http://ar5-syr.ipcc.ch/topic_summary.php
http://www.nature.com/nclimate/journal/v3/n4/fig_tab/nclimate1716_F1.html

91 psl.: http://ar5-syr.ipcc.ch/topic_summary.php

97 psl.: http://www.toolkit.balticclimate.org/en/climate-change-scenarios/temperature
http://www.toolkit.balticclimate.org/en/climate-change-scenarios/precipitation

103 psl.: https://web.stanford.edu/~mburke/climate/BurkeHsiangMiguel2015.pdf

109 psl.: http://www.who.int/globalchange/climate/summary/en/index2.html

111 psl.: izismile.com

119 psl.: http://capreform.eu/wp-content/uploads/2013/12/Climate-change-possible-impacts-EU-agriculture.jpg

159 psl.: http://www.vstt.lt/VI/index.php#r/56

165 psl.: http://climatepolicyinfohub.eu/climate-change-adaptation-needs-barriers-and-limits

167 psl.: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/35215/IPCC_info_note-3April14.pdf

173 psl.: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/COP21_Resilience_Brochure.pdf

179 psl.: http://climateanalytics.org/hot-topics/for-most-vulnerable-countries-1-5c-warming-limit-is-critical-above-it-climate-impacts-rise-rapidly.html

181 psl.: http://klimatas.gamta.lt/files/Tendencijos1467296845041.pdf

185 psl.: http://www.nordregio.se/Global/EJSD/Refereed%20articles/refereed57.pdf

187 psl.: https://www.energystar.gov/products/building_products/residential_windows_doors_and_skylights/benefits

191 psl.: http://edepot.wur.nl/404597

193 psl.: ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_409_en.pdf

197 psl.: www.businessinsider.com

203 psl.: https://www.ipcc.ch/

Arūnas BUKANTIS
Justas KAŽYS
Egidijus RIMKUS
Mečislovas ŽALAKEVIČIUS

100 klausimų apie klimato kaitą

Redaktoriai *Valė Bartoševičienė*
ir *Mindaugas Karaciejus*
Dailininkas *Albertas Broga*
Maketuotojas *Darius Šimkūnas*
Iliustracijas spaudai parengė *Laima Gelčiūtė*
Korektorė *Teresė Paulauskytė*

2017 11 16. 12,34 apsk. leid. l. Tiražas 1000 egz.
Mokslo ir enciklopedijų leidybos centras,
L. Asanavičiūtės g. 23, LT-04315 Vilnius, www.melc.lt.
Spaudė UAB „BALTOprint", Utenos g. 41A, LT-08217 Vilnius

Knygos spausdinimui naudotos pagal FSC sistemą sertifikuotos
medžiagos, atitinkančios atsakingo miškų tvarkymo standartus


Turinys